

東京都微小粒子状物質検討会
シミュレーションワーキング報告書
—シミュレーションモデルによる PM_{2.5} 環境濃度の予測—

シミュレーション手法に関するワーキンググループ

目次

1 シミュレーションに関する検討会の方針とWG 設置	375
2 シミュレーションモデルの作成	376
3 発生源インベントリ整備及び排出量推計(東京都及び関東 6 県)	378
4 PM _{2.5} シミュレーション(モデル併用の検討)	385
5 数値型モデルによるシミュレーション	388
(1) 数値型モデルの構成	388
(2) 計算対象領域、境界条件及び初期条件	388
(3) 中部日本域(関東地域外)発生源の排出量	389
(4) 対象年度・期間等	390
(5) 現況再現結果	391
(6) 発生源寄与推定	396
(7) 数値モデルの計算結果の補正	404
(8) 発生源寄与推定結果の補正	408
(9) 単純将来濃度計算結果	411
(10) 単純将来発生源寄与推定	412
(11) 単純将来濃度計算結果の補正	416
(12) 単純将来発生源寄与推定結果の補正	418
(13) 対策将来濃度計算結果及びその補正	422
6 まとめ	424
(1) 経緯と評価	424
(2) 推計結果	424
(3) 今後の課題	425

シミュレーション手法に関するワーキング・グループ(WG)の報告

1 シミュレーションに関する検討会の方針とWG設置

PM_{2.5} 検討会において、PM_{2.5} の将来濃度の推定や対策効果等を検討するために作成するシミュレーションモデルでは、以下の5点を目標として手法の検討を進めることとなった。

- (1) 東京都周辺（1都6県）におけるPM_{2.5}の年平均濃度を予測する。
- (2) PM_{2.5}濃度とともに、その成分濃度についてもある程度の再現性を確保する。
- (3) 二次粒子モデルの再現性については、将来予測・対策評価の検討に資するために、その生成過程における化学的非線形性を考慮できるものとする。
- (4) オキシダントについては二次粒子生成を考慮する中で検討する。
- (5) PM_{2.5}が長寿命であることを考慮して、広域移流を考慮したモデルとする。

更に、上記の目標及び予測モデルの現在までの到達点並びに東京都周辺地域におけるPM_{2.5}の組成が、一次粒子と二次粒子で半々程度であること等を考慮し、以下のような解析型モデルと数値型モデルの長所を取り込んだモデルを作成することが了承された。

① 解析型モデル（定常モデル）

- ・ プルーム・パフ型
- ・ 一次排出粒子を対象とした年平均値の再現
- ・ 寄与率の評価はレセプターモデルと連携し、精度向上を目指す。

② 数値型モデル（非定常モデル）

- ・ 気象モデル、大気質（移流、拡散・反応）モデル、粒子化モデル
- ・ 二次生成粒子を対象とした日ベースの予測
(代表的な気象パターン下の予測値を重み付けし年平均値で評価)

なお、計算領域（解析モデルの発生源領域）、境界条件、発生源インベントリーなどは、両モデルでできるだけ共通化して作成することとした。

以上のPM_{2.5}シミュレーションモデル作成方針を受け、PM_{2.5}及び光化学オキシダントに係る発生源インベントリーを整理・作成し、シミュレーションモデルを用いてそれらの環境濃度を再現し、発生源寄与割合の推定を行う。さらに、作成したモデルを用いて将来年度及び対策後の濃度予測を行うこととした。これらに係るシミュレーションの手法を具体的に検討するため以下の学識経験者を構成メンバーとするWGを設置した。

座長	大原利眞	独立行政法人国立環境研究所地域環境研究センター長
委員	速水 洋	財団法人電力中央研究所環境科学研究所上席研究員
委員	森川多津子	財団法人日本自動車研究所主任研究員

2 シミュレーションモデルの作成

2-1 概要

微小粒子状物質（PM_{2.5}）及び光化学オキシダントに係る大気汚染物質の発生源インベントリーを整理し、シミュレーションモデル（数値型モデル及び解析型モデル）を用いてそれらの環境濃度を再現し、発生源寄与割合の推定を行う。さらに、作成したモデルを用いて将来年度及び対策後の濃度予測を行う。

2-2 発生源インベントリの整備及び排出量の作成

- ① 窒素酸化物等排出量算出調査結果（東京都）、自動車排出量算出調査（東京都）、発生源調査（東京都）、発生源インベントリー（埼玉県、千葉県、神奈川県）、環境省マップデータ（茨城県、栃木県、群馬県）及びEA-Grid2000Japan, JATOP データ等により、関東地方の発生源情報を整備する。
- ② 収集データの排出量を発生源などの活動指標により 2008 年ベースに修正する。
ただし、都内自動車排出量は炭素成分の排出係数を追加し、2008 年ベースの規制年別構成率及び走行量を算出し、作成する。
- ③ NMHC は、発生源種別成分情報（フィンガープリント）により VOC 成分に割り振る。

表 1 平成 20 年度インベントリの整備及び排出量の作成

（対象物質：SO_x, NO_x, ばいじん(PM), VOC, HC）

発生源種類	東京都	千葉県、埼玉県、神奈川県	茨城県、栃木県、群馬県	EAGrid2000(北関東分)
工場・事業場	H19東京都ばい煙発生施設データより作成する。(H20は確定していない)	H17発生源及び排出量をそのまま使用する。(H17マップ調査)	H17発生源及び排出量を作成する。(H17マップ調査)	左欄のトータル排出量として使用する
炭化水素類発生施設	H17とH22排出量から内挿する	H17とH22排出量から内挿する	環境省 揮発性有機化合物排出インベントリ (H21.3) の排出量を (H19/H12) 比率で補正して、作成する。	左欄のトータル排出量として使用する
自動車	①排出量はH20の排出係数と走行量より算定する。 ②湿度温度補正・スタート時排出量・蒸発分は、H17とH20の走行量及び排出量の推移から推定する。	NOxPM進行管理調査より、H19/H17の排出量比率をH17排出量に乗じる。 湿度温度補正、スタート時補正、燃料からの蒸発分は、都内分に準じ推定する。	3県の進行管理調査(H22)の(H17/H12)比率の平均値をH12排出量に乗じて作成する。 湿度温度補正、スタート時補正、燃料からの蒸発分は、都内分に準じ推定する。	左欄のトータル排出量として使用する
船舶	既存の排出源情報及び別途調査の東京港排出量を使用する	既存の排出源情報及び別途調査の千葉港、横浜港・川崎港の排出量を使用する。(排出量分布を確認中)	既存の排出源情報及び別途調査の鹿島港の排出量を使用する。(確認中)	左欄のトータル排出量として使用する
建設機械	H17とH22排出量から内挿する	H17とH22排出量から内挿する	H12とH22排出量から内挿する	左欄のトータル排出量として使用する
群小・家庭・焼却炉・粉じん発生施設	H17とH22排出量から内挿する	H17とH22排出量から内挿する	H12とH22排出量から内挿する	左欄のトータル排出量として使用する
屋外燃焼	該当なし	H17とH22排出量から内挿する(千葉県のみ)		

2-3 濃度予測方法

平成 20 年度関東地方の大気汚染状況を再現するために、手法の異なる 2 つのシミュレーションモデルを作成し、両者を併用して、濃度予測を行う。

(1) 数値型モデル

数値型シミュレーションモデルを作成し、SPM 及び PM_{2.5} 成分別濃度予測（現況再現）を行う。対象領域は図 1 の太枠に示す関東域（5km メッシュ）とし、その外周に設定した中部日本域（15km メッシュ）からネスティングを行う。中部日本域の境界条件は、国立環境研究所の大気汚染予測システム（RAMS+CMAQ）の計算結果の提供を受け、そのデータを用いて設定する。予測対象日は、2008 年度に実施した環境濃度調査日（四季各 14 日間）とする。本モデルにより光化学オキシダント濃度予測も行う。

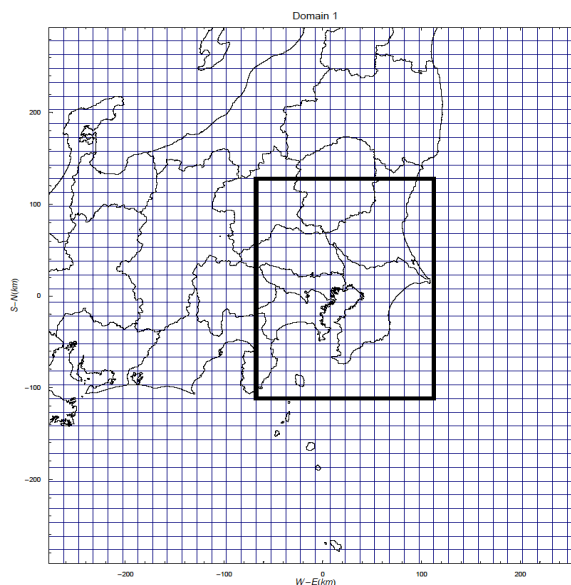


図 1 数値型モデルの対象領域

(2) 解析型モデル

「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」に準拠した解析型モデルを作成し、SPM 及び PM_{2.5} 成分別濃度の予測を行う。対象領域は図 2 に示す関東域（発生源把握・計算とも 1 都 6 県域）とする。対象項目は SPM、PM_{2.5} の年平均濃度（2008 年度）とする。

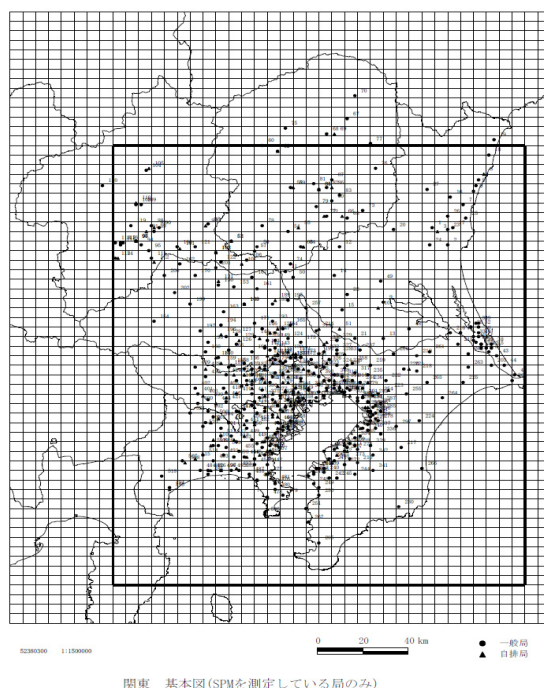


図 2 解析型モデルの対象領域

(3) シミュレーション結果の精度検証

- 計算結果の検証用データ

関東地域大気常時監視データ、PM_{2.5} 広域調査データ及び平成 20 年度東京都 PM_{2.5} 環境調査データ並びにその CMB 解析結果

- モデル評価方法

SPM、PM_{2.5}、O₃ の各 1 時間値を US-EPA の旧ガイドライン中の評価指標 (NB, NGE, MPA) 及び「浮遊粒子状物質汚染予測マニュアル」記載の手法によって評価する。

(4) PM_{2.5} 年平均濃度の推定

数値型モデル及び解析型モデルの計算結果を活用して、PM_{2.5} 濃度の年平均値を推定する。

(5) 将来濃度予測

PM_{2.5} 濃度及び光化学オキシダント濃度について、それぞれ次の試算を行う。

- ① 平成 28 年度 (単純将来) の PM_{2.5} 年平均濃度 (総量及び主要成分の内訳) 予測を行う。
- ② 数値型モデルによる平成 20 年度現況再現結果をもとに、原因物質濃度 (排出量) を段階的に削減した場合に、現況の光化学オキシダント濃度に及ぼす効果予測 (感度分析) を行う。

2-4 環境濃度の解析

関東地方全域の PM_{2.5} 及び光化学オキシダント濃度について以下の解析を行う。

(1) PM_{2.5} 濃度

- ① 平成 16~20 年度の PM_{2.5} 環境濃度データ (都・環科研、埼玉県・環科科学国際センター、環境省 (国設局、常監局) など) を対象として、気象条件、濃度分布等を基準に汚染パターン分類を行い、各パターンの出現頻度 (重み付け係数) を整理する。
- ② 数値型モデルの予測対象日 (期間:平成 20 年度東京都 PM_{2.5} 環境調査実施期間) が、前項で分類した汚染パターンのどれに当たるか、分類・整理する。また、各パターンの出現頻度について、予測対象日 (期間) に各季節の典型的な傾向が表れているかという面から、予測対象日 (期間) の代表性を検討する。

(2) 光化学オキシダント濃度

平成 12 年度から平成 20 年度の関東地方における光化学オキシダントの高濃度出現日データを整理し、気象条件や濃度分布に基づく高濃度パターン別に出現頻度を求め、予測対象日を決定する。

3 発生源インベントリ整備及び排出量推計 (東京都及び関東 6 県)

(1) 2008 年度現況の作成方針

東京都内及び関東 6 県の表 2 に掲げる発生源について、大気汚染物質ごとに排出量の集計を行い、発生源インベントリを整備する。

表2 作成する発生源インベントリの種類と大気汚染物質

発生源種類			SOx	NOx	PM	PM _{2.5}	NM VOC	HCl	
燃焼系発生源	固定	大規模固定煙源	○	○	○	○	○	○	
		民生(家庭)	○	○	○	○	○		
		民生(業務)	○	○	○	○	○		
		小型焼却炉	○	○	○	○	○	○	
		粉じん発生施設			○	○			
			野焼き	○	○	○	○	○	
	移動発生源	自動車(4輪)	自動車(4輪)	○	○	○	○	○	
			自動車(2輪)	○	○	○	○	○	
				船舶	○	○	○	○	
				航空機	○	○	○	○	
			建設機械	○	○	○	○		
			産業機械	○	○	○	○		
			農業機械	○	○	○	○		
			鉄道			○	○		
			タバコ	○	○	○	○		
			調理			○	○		
HC 蒸発発生源	工業系	精油所・油槽所					○		
		給油所					○		
		石油化学工場					○		
		塗料製造					○		
		インキ製造					○		
		塗装					○		
		印刷					○		
		接着剤使用					○		
		工業用洗浄溶剤					○		
		ゴム用溶剤					○		
		クリーニング溶剤				○			
	自然	植物起源				○			
その他発生源	農業	畜産					○		
		化学肥料の施肥					○		
	工業系	肥料等製造施設					○		
		都市活動	下水処理施設					○	
	浄化槽						○		
	人の発汗・呼吸						○		
	ペット						○		
	移動発生源	巻き上げ			○	○			
	自然	土壌			○	○			
		火山	○		○	○		○	

(2) 東京都内発生源の排出量

表 2 に掲げた発生源及び大気汚染物質について、既存のデータを表 3 の方法により修正し作成する。

表 3 平成 20 年度都内発生源データの修正方針

発生源区分		H20 インベントリ修正方法
東京都	大規模固定煙源	「ばい煙排出量調査結果(H20 年度実績)データ」に差換える。ばい煙発生施設種類別/燃料種類別/処理装置の有無別に集計する。
	民生	
	家庭用	文献から排出係数見直し案を作成し、協議の上決定する。その後、都市ガス、LPG 使用量を H20 統計値で補正し、排出量を作成する。発生源種別/燃料種類別に集計する。
	業務用	同上(排出係数は見直さない。)
	小型焼却炉	
	DXN 法対象	(修正なし)
	DXN 法対象外	(修正なし)
	粉じん発生施設	大気汚染防止法施行状況調査 H20 実績で一律年次補正する。
	野焼き	H20 実績を追加する。空間・時間配分が必要。
	自動車(4輪)	
	暖気後排出量	(修正なし)
	気温湿度補正	(修正なし)
	スタート時排出・RL・DBL・HSL	(修正なし)
	タイヤブレーキ摩耗	(修正なし)
	自動車(2輪)	
	暖気後排出量	(修正なし)
	スタート時排出・DBL・HSL	JATOP 提供の平成 17 年データ及び平成 20 年度 PRTR 届出外排出量の推計結果と比較・確認する(排出量に変更しない)。
	タイヤブレーキ摩耗	(算出しない)
	船舶	
	停泊中	(修正なし)
	航行中	文献値に入港船舶総トン数の伸び率を乗じて、外洋航行中を作成・追加する。
	タグボート	湾統計資料から H20 年隻数に変化がないか確認する(排出量に変更しない)。
	航空機	(修正なし)
	建設機械等	
	建設機械	(修正なし)
	産業機械	(修正なし)
	農業機械	(修正なし)
鉄道	H20 実績を追加する。	
タバコ	同上	
調理	同上	
VOC 発生施設	環境省 VOC インベントリ検討会報告 H20/H17 実績比で種類別に補正し、VOC の発生源種類別に集計する。	
民生 VOC	H17~19 実績を H20 に年次補正し、追加する。空間・時間配分が必要(昼夜間人口、面源で一律配分)。また、VOC の発生源種類別に集計する。	
植物起源	EA-Grid2000 を年次補正し、追加する。	
アンモニア発生源	EA-Grid2000 を年次補正し、追加する。	
火山 三宅島(雄山)	気象庁観測結果を基に追加の可否を検討する。	

現況発生源別排出量(東京都)は表4に示すとおりである。この排出量及び表5-2の発生源別排出量(関東6県)を使用して現況シミュレーションを行った。

表4 現況発生源別排出量(H20年度東京都)(t/年)

発生源種類	汚染物質									
	SOx	NOx	PM	粉じん	HCl	THC	NM VOC	NH ₃	PM _{2.5}	
東京都	2,084	7,914	254		280			38	189	
大規模固定煙源	50	29,040	638	1,221		18,363	16,069	731	848	
自動車(4輪・2輪)	43	20,373	437			3,185	2,797		437	
4輪暖機後	1	437				4,442	3,554			
2輪暖気後	1	1,621	-1			-78	-65		-1	
気温湿度補正	5	6,609	201			6,326	5,296		201	
スタート時排出						435	435			
RL						2,956	2,956			
DBL						1,096	1,096			
HSL										
タイヤ・ブレーキ粉じん				1,221					210	
船舶	5,792	9,743	722			403	379		722	
停泊時	1,840	2,450	214			143	135			
航行時	3,929	7,184	505			250	236			
タグボート	24	109	3			10	9			
航空機	26	4,371	157			1,011	914		140	
民生	96	9,222	616			2,899	1,322		416	
都市ガス合計	0	5,289	154			2,196	966		0	
LPG合計	0	1,164	38			621	273		0	
灯油合計	96	2,769	424			83	83		0	
都市ガス	0	3,406	31						24	
LPG	0	585	3						2	
灯油	77	2,077	343						264	
都市ガス	0	1,883	124			2,196	966		65	
LPG	0	579	35			621	273		18	
灯油	19	692	81			83	83		43	
粉じん発生施設				114					0	
小型焼却炉	4	16	12		4	49	10		8	
DXN対象	3	14	7		3	36	7		5	
DXN対象外	1	2	5		1	13	3		3	
建設機械等	1	8,395	392			897	711		392	
建設機械	1	5,725	291			518	488		291	
産業機械	0	2,641	99			376	220		99	
農業機械	0	29	1			3	3		1	
VOC発生施設						68,228	68,228			
民生VOC						12,818	12,818			
野焼き	0.1	1	4			3	3	0.3	2	
鉄道			158						72	
タバコ	4	62	352			339	305		235	
調理			297						204	
NH ₃ 発生源(農業)								297		
NH ₃ 発生源(人ペット)								4,809		
NH ₃ 発生源(その他施設)								212		
合計	8,057	68,763	3,603	1,335	284	105,010	100,759	6,086	3,230	

(3) 関東 6 県発生源の排出量

表 2 に掲げた発生源及び大気汚染物質について、既存のデータを表 5-1 の方法により修正し作成する。

表 5-1 平成 20 年度関東地方 6 県発生源データの修正方針

発生源区分	H20 インベントリ修正方法	
茨城県 栃木県 群馬県 埼玉県 千葉県 神奈川県	大規模固定煙源	「大気汚染物質排出量総合調査(H20 実績)データ」に差換える。ばい煙発生施設種類別/燃料種類別/処理装置の有無別に集計。また、塩化水素は、東京都の集計結果を基に施設規模別に排出係数を設定し、施設ごとに配分する(廃棄物焼却炉のみ)。
	民生	
	家庭用	東京都分と同じ
	業務用	同上
	小型焼却炉	
	DXN 法対象	H20 実績を追加する。空間・時間配分が必要。
	DXN 法対象外	同上
	粉じん発生施設	東京都分と同じ
	野焼き	東京都分と同じ
	自動車(4輪)	
	暖気後排出量	(修正なし)
	気温湿度補正	(修正なし)
	スタート時排出・RL・DBL・HSL	JATOP 提供の平成 17 年データ及び平成 20 年度PRTR届出外排出量の推計結果から推計する。
	タイヤブレーキ摩耗	(未定)
	自動車(2輪)	
	暖気後排出量	JATOP 提供の平成 17 年データ及び平成 20 年度PRTR届出外排出量の推計結果から推計する。
	スタート時排出・DBL・HSL	同上
	タイヤブレーキ摩耗	(算出ししない)
	船舶	
	停泊中	(修正なし)
	航行中	東京都分と同じ
	タグボート	東京都分と同じ
	航空機	(修正なし)
	建設機械等	
	建設機械	平成 20 年度PRTR届出外排出量の推計方法を用いて発生源種別/地域別に補正する。
	産業機械	同上
	農業機械	同上
	鉄道	東京都分と同じ
	タバコ	同上
	調理	同上
VOC 発生施設	環境省 VOC インベントリ検討会報告 H20 に差換える。VOC の発生源種類別に集計。	
民生 VOC	H17~19 東京都分実績を H20 に年次補正し、地域別に世帯数比等で配分して追加する。空間・時間配分が必要。VOC の発生源種類別に集計する。	
植物起源	東京都分と同じ	
アンモニア発生源	東京都分と同じ	
火山 浅間山	東京都分と同じ	

現況発生源別排出量（関東1都6県）は表5-2に示すとおりである。

表5-2 現況発生源別排出量（H20年度 関東1都6県）（t/年）

発生源種類	汚染物質									
	SOx	NOx	PM	粉じん	HCl	THC	NMVOC	NH ₃	PM _{2.5}	
関東合計	72,929	136,073	6,357		1,114			1,033	4,320	
(東京都を 除く)	大規模固定煙源	1,975	7,529	776			2,899	1,322	409	
	中小事業所	59	217	207		74	715	140	143	
	小型焼却炉	33	150	55		18	396	78	38	
	DXN対象	26	67	152		56	319	63	105	
	DXN対象外									
	調理（飲食店）			76						50
	粉じん発生施設				4,496					13
	野焼き	37	279	1,506			660	595	120	961
	建設機械等	24	45,180	1,895			6,099	4,875		1,895
	VOC発生施設						284,717	284,717		
	家庭用燃焼機器	367	15,575	1,045						805
	調理（家庭）			915						630
	たばこ	12	180	1,026			985	889		685
	生活用品						48,003	48,003		
	自動車（4輪・2輪）	240	130,643	4,527	3,164		67,395	58,338	3,404	5,071
	船舶		24,133	41,797	2,994		1,844	1,737		2,994
		停泊時	10,027	14,695	1,199		799	752		
		航行時	13,907	25,747	1,767		992	934		
		タグボート	199	1,355	29		54	51		
	航空機	41	7,254	356			2,015	1,822		318
	鉄道			489						223
	アンモニア発生源								81,960	
	農業								48,521	
人・ペット								29,796		
その他施設								3,643		
合計	99,819	384,727	22,169	7,660	1,188	415,334	402,438	86,517	18,517	
外洋航路	40,890	72,816	5,211			2,428	2,287		5,211	
火山	1,208,514									
植物NMVOC						227,059	227,059			

：網掛け部分は、モデルの入力に用いていない。

(4) 単純将来（平成 28 年度）の排出量

単純将来の東京都及び関東 6 県の発生源別排出量は表 6 に示すとおりである。この排出量を使用して平成 28 年度の濃度予測シミュレーションを行った。

表 6 単純将来（H28 年度）発生源別排出量（t/年）

東京都	発生源種類	汚染物質								
		SOx	NOx	PM	粉じん	HCl	THC	NMVOc	NH ₃	PM _{2.5}
	大規模固定煙源	2,119	8,049	258		285			39	192
	中小事業所	20	3,277	248			3,013	1,374		131
	都市ガス	0	1,957	128			2,281	1,004		68
	LPG	0	601	36			645	284		19
	灯油	20	719	84			86	86		44
	小型焼却炉	4	16	12		4	49	10		8
	DXN対象	3	14	7		3	36	7		5
	DXN対象外	1	2	5		1	13	3		3
	調理（飲食店）			23						15
	粉じん発生施設				107					0
	野焼き	0.1	1	4			3	3	0.3	2
	建設機械等	0	2,690	117			387	284		117
	建設機械	0	1,810	84			161	152		84
	産業機械	0	865	32			224	131		32
	農業機械	0	15	1			2	2		1
	VOC発生施設						65,772	65,772		
	家庭用燃焼機器	77	6,056	376						290
	都市ガス	0	3,399	31						24
	LPG	0	584	3						2
	灯油	77	2,073	343						264
	調理（家庭）			292						201
	たばこ	3	44	250			241	217		167
	生活用品						12,818	12,818		
	自動車（4輪・2輪）	50	12,927	137	1,186		7,039	6,544	731	341
	4輪暖機後	43	9,198	94			898	905		94
	2輪暖気後	1	339				429	533		
	気温湿度補正	1	618	0			1,417	-8		0
	スタート時排出	5	2,772	43			22	1,221		43
	RL						234	192		
	DBL						250	2,614		
	HSL						0	1,087		
	タイヤ・ブレーキ粉じん				1,186					204
	船舶	6,423	9,781	801			447	421		801
	停泊時	2,040	2,459	237			171	149		237
	航行時	4,357	7,213	560			300	261		560
	タグボート	26	109	4			11	10		4
	航空機	35	5,870	211			1,357	1,227		188
	鉄道			159						72
	アンモニア発生源								5,317	
	農業								297	
	人・ペット								4,809	
	その他施設								212	
合計		8,732	48,711	2,889	1,293	289	91,125	88,669	6,087	2,526
関東合計 (東京都を 除く)	大規模固定煙源	75,101	139,985	6,541		1,143			1,058	4,445
	中小事業所	2,154	8,007	827			3,013	1,374		436
	小型焼却炉	59	217	207		74	715	140		143
	DXN対象	33	150	55		18	396	78		38
	DXN対象外	26	67	152		56	319	63		105
	調理（飲食店）			74						48
	粉じん発生施設				4,454					13
	野焼き	37	279	1,506			660	596	120	961
	建設機械等	0	9,778	427			1,492	1,168		427
	VOC発生施設						274,467	274,467		
	家庭用燃焼機器	376	15,786	1,059			0	0		816
	調理（家庭）			939						647
	たばこ	8	123	704			676	610		470
	生活用品						48,003	48,003		
	自動車（4輪・2輪）	241	58,155	972	3,072		25,834	22,747	3,404	1,501
	船舶	25,636	40,365	3,179			1,966	1,852		3,179
	停泊時	10,566	14,050	1,260			452	797		1,260
	航行時	14,854	24,981	1,888			596	1,000		1,888
	タグボート	216	1,334	31			25	55		31
	航空機	51	9,042	430			2,462	2,226		383
	鉄道			491						223
	アンモニア発生源								81,960	
	農業								48,521	
	人・ペット								29,796	
	その他施設								3,643	
合計		103,664	281,737	17,358	7,527	1,217	359,289	353,183	86,541	13,693
外洋航路		45,348	73,107	5,779			2,693	2,537		5,779
火山		1,208,514								
植物NMVOc							227,059	227,059		

網掛け部分は、モデルの入力に用いていない。

4 PM_{2.5} シミュレーション（モデル併用の検討）

(1) 現況再現結果の比較

解析型モデルと数値型モデルの予測結果を比較する場合、特に解析型モデルには大気中での変質が起こらない一次粒子の再現性に期待するところが大きいので、代表的な一次粒子である EC の予測結果と実測値の散布図を示し比較する。解析型モデルでは平成 20 年度に特別調査を行った一般環境測定局 9 地点、自動車排出ガス測定局 8 地点について、数値型モデルでは一般環境測定局 9 地点について、それぞれ濃度実測値と計算値とを比較した。解析型モデルの結果を図 3 に、数値型モデルの結果を図 4 に示した。

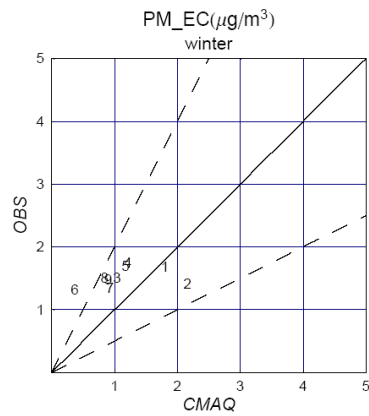
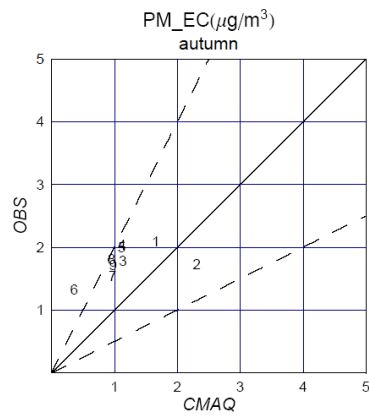
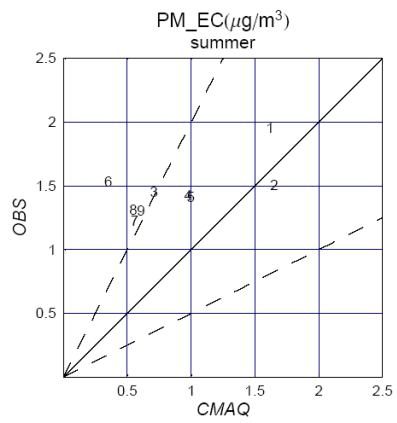
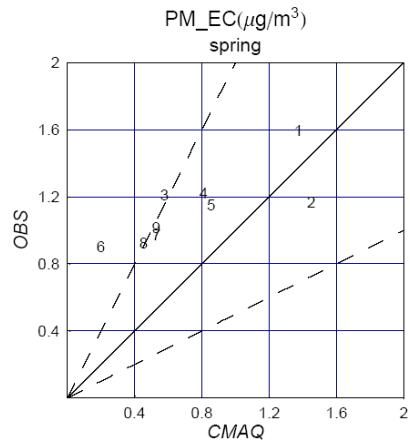
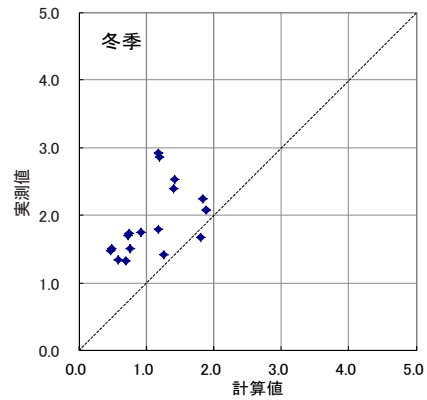
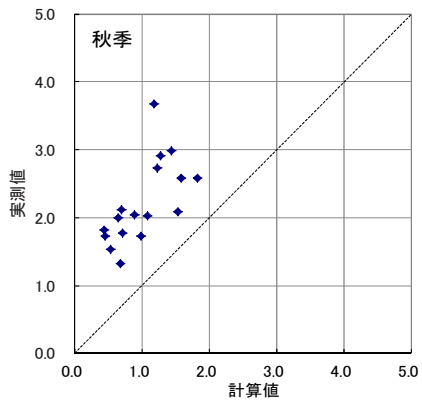
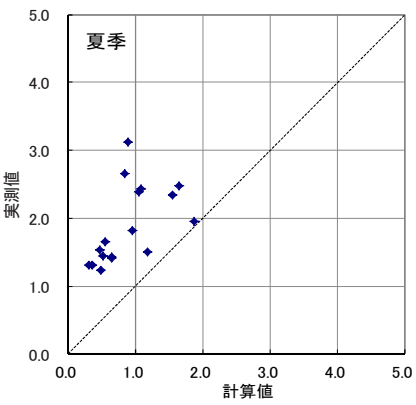
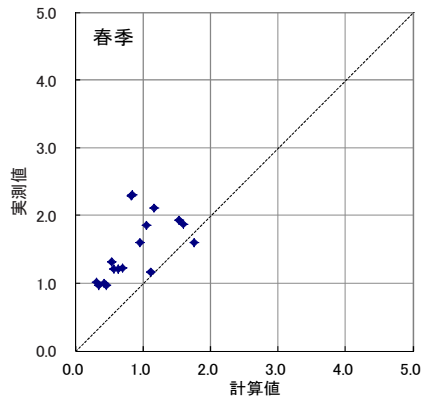


図3 EC濃度散布図（解析型モデル）

図4 EC濃度散布図（数値型モデル）

(2) 評価

一次粒子である EC 濃度の実測値と計算値の散布図を両モデルについて比較すると、どちらのモデルの予測結果も実測濃度に対して過小評価であった。その程度は同程度であり、化学的に不活性な EC について、特に解析型の結果が優れていると判断される程の違いはなかった。解析型モデルは二次生成物質の濃度予測には適していないことを考慮すると、両モデルを併用せず一次排出物質及び二次生成物質とも数値型モデルだけを使い $PM_{2.5}$ 濃度予測することを確認した。

5 数値型モデルによるシミュレーション

(1) 数値型モデルの構成

数値型モデルの構成は、表 7 及び図 5 に示すとおりである。

表 7 数値型モデルの構成概要

気象モデル：MM5 (The fifth-generation Penn State/NCAR Mesoscale Model) V. 3. 7. 4
大気質モデル：CMAQ (Community Multi-scale Air Quality) V. 4. 6
拡散モデル：ACM2 化学反応モデル：SAPRC-99 粒子化モデル：Aero4
発生源データ
項目：NO _x 、SO ₂ 、NH ₃ 、VOC、PM、HCl、CO
発生源種類：大規模固定、自動車、船舶（港湾関連、外洋航路）、航空機、 民生、粉じん発生施設、小型焼却炉、建設機械等、 VOC 発生施設、民生 VOC、野焼き、鉄道、タバコ、調理、 NH ₃ 発生源（農業、人・ペット、その他施設）、火山、植物
データ出典：本調査、東京都発生源調査、JATOP*、EAGrid2000-Japan*

*作成者の許可を得て使用した。

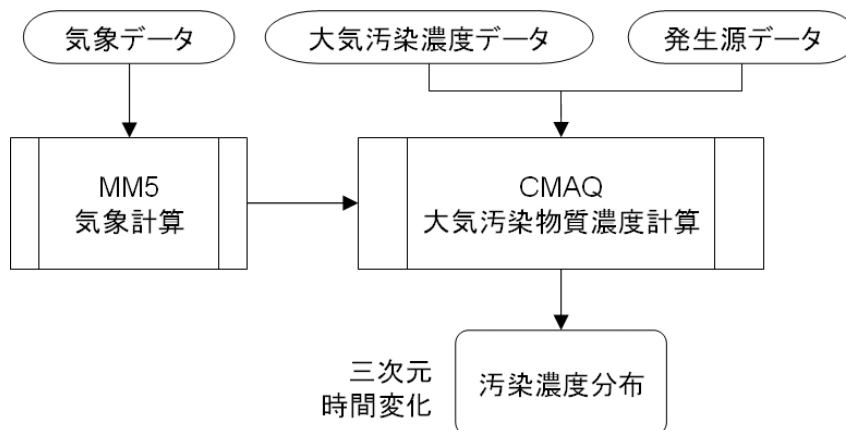


図 5 数値型モデルの構成概要

(2) 計算対象領域、境界条件及び初期条件

シミュレーションの対象領域は、図 6 に示すとおりである。約 15km メッシュの中部日本域と、約 5km メッシュの関東域でシミュレーションを行う。

中部日本域の境界条件は、国立環境研究所の広域モデルによる計算値データの提供を受けて設定する。関東域の境界条件は、中部日本域のシミュレーション結果から与える（ネスティング）。シミュレーションは計算対象日の 48 時間前から助走計算を行い、対象日の初期条件を生成させる。助走計算の初期条件は、国立環境研究所の広域モデルによる計算値データの提供を受けて使用する。

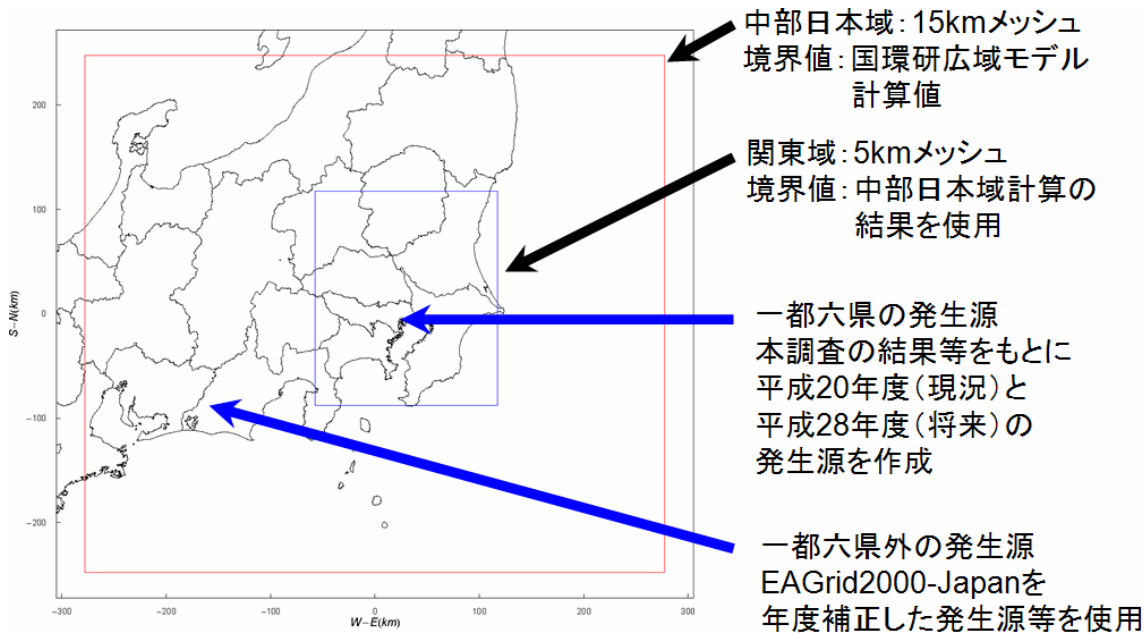


図6 対象領域等

(3) 中部日本域（関東地域外）発生源の排出量

一都六県外（中部日本域内）の現況排出量については、EAGrid200-Japan を年度補正したものを使用した。排出量は、表8に示すとおりである。一都六県外（中部日本域内）の将来発生源は、この排出量に表9に示す伸び率を乗じて算定した。結果は、表10に示すとおりである。この発生源は、単純将来及び対策将来のシミュレーションに使用した。

表8 一都六県外の現況（H20年度）発生源別排出量（t/年）

発生源種類	CO	HCL	NH3	NMVOC	NOX	PM10	PM25	SOX
大規模固定源	0	888	0	0	220991	14912	11344	140820
自動車排気	889531	0	3160	51426	111746	4845	4845	166
航空機	0	0	0	0	0	0	0	0
自動車蒸発	0	0	0	12484	0	0	0	0
家庭・業務施設燃焼施設	0	0	0	0	12060	974	678	3016
建設・産業・農業機械	0	0	0	6261	54852	2224	2224	38
小規模焼却炉	0	0	0	1552	320	665	404	127
農業廃棄物野焼き	0	0	480	1585	691	1645	1490	112
燃料蒸発	0	0	0	29389	0	0	0	0
塗装	0	0	0	143266	0	0	0	0
印刷	0	0	0	22907	0	0	0	0
その他の固定蒸発	0	0	0	45863	0	0	0	0
植物起源	0	0	0	348240	0	0	0	0
自動車タイヤ磨耗	0	0	0	0	0	2193	472	0
民生VOC	0	0	0	22533	0	0	0	0
アンモニア発生源農業	0	0	52641	0	0	0	0	0
アンモニア発生源人ペット	0	0	29703	0	0	0	0	0
アンモニア発生源その他施設	0	0	9901	0	0	0	0	0
合計	889531	888	95886	685506	400660	27457	21458	144278

表9 一都六県外排出量の伸び率（H20→H28）設定

発生源	現況排出量からの伸び率	NOX	SOX	NMHC	PM	NH3
大規模固定煙源	千葉、栃木、群馬、茨城の大規模固定源伸び率	1.031	1.031	1.031	1.031	-
自動車排気・蒸発	北関東三県の物質別排出量の伸び率	0.445	1.000	0.383	0.215	1.000
自動車タイヤ磨耗	現代企画社東京都推定伸び率	-	-	-	0.971	-
民生家庭	千葉、栃木、群馬、茨城の民生家庭伸び率	1.006	1.006	1.006	1.006	-
民生業務	千葉、栃木、群馬、茨城の民生業務伸び率	1.062	1.062	1.062	1.062	-
小型焼却炉	スライド	1.000	1.000	1.000	1.000	-
建設機械等	北関東三県の物質別排出量の伸び率	0.199	-	0.192	0.226	-
炭化水素発生施設	関東全体に適用した VOC 伸び率 (0.964)	-	-	0.964	-	-
民生 VOC	スライド	-	-	1.000	-	-
野焼き	スライド	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
アンモニア発生源農業	スライド	-	-	-	-	1.000
アンモニア発生源人ペット	スライド	-	-	-	-	1.000
アンモニア発生源その他施設	スライド	-	-	-	-	1.000

表10 一都六県外の将来（H28年度）発生源別排出量（t/年）

発生源種類	CO	HCL	NH3	NM VOC	NOX	PM10	PM25	SOX
大規模固定源	0	915	0	0	227777	15370	11693	145144
自動車排気	889531	0	3160	19713	49744	1041	1041	166
航空機	0	0	0	0	0	0	0	0
自動車蒸発	0	0	0	4786	0	0	0	0
家庭・業務施設燃焼施設	0	0	0	0	12523	1011	704	3132
建設・産業・農業機械	0	0	0	1200	10905	503	503	0
小規模焼却炉	0	0	0	1552	320	665	404	127
農業廃棄物野焼き	0	0	480	1585	691	1645	1490	112
燃料蒸発	0	0	0	28331	0	0	0	0
塗装	0	0	0	138110	0	0	0	0
印刷	0	0	0	22083	0	0	0	0
その他の固定蒸発	0	0	0	44212	0	0	0	0
植物起源	0	0	0	348240	0	0	0	0
自動車タイヤ磨耗	0	0	0	0	0	2130	459	0
民生 VOC	0	0	0	22533	0	0	0	0
アンモニア発生源農業	0	0	52641	0	0	0	0	0
アンモニア発生源人ペット	0	0	29703	0	0	0	0	0
アンモニア発生源その他施設	0	0	9901	0	0	0	0	0
合計	889531	915	95886	632346	301960	22364	16293	148680

(4) 対象年度・期間等

評価対象年度及び計算対象期間等は表11に示すとおりである。

表11 対象年度及び計算対象期間等

現況年度：平成20年度（2008年度）
 将来年度：平成28年度（2016年度）
 対象期間：東京都・特別観測期間（4季×14日）
 （春：5月18日～6月1日、夏：7月28日～8月10日）
 （秋：11月4日～11月17日、夏：2月2日～2月15日）
 評価地点：特別観測が実施された都内一般局等

(5) 現況再現結果

成分別の実測濃度と計算濃度の相関関係は、図 7 に示すとおりである。全体的に計算値が過小に出る傾向があり、特に ORG_TOT(有機エアロゾル)でその傾向が著しい。それに対して、NITR(硝酸イオン)は過大傾向である。

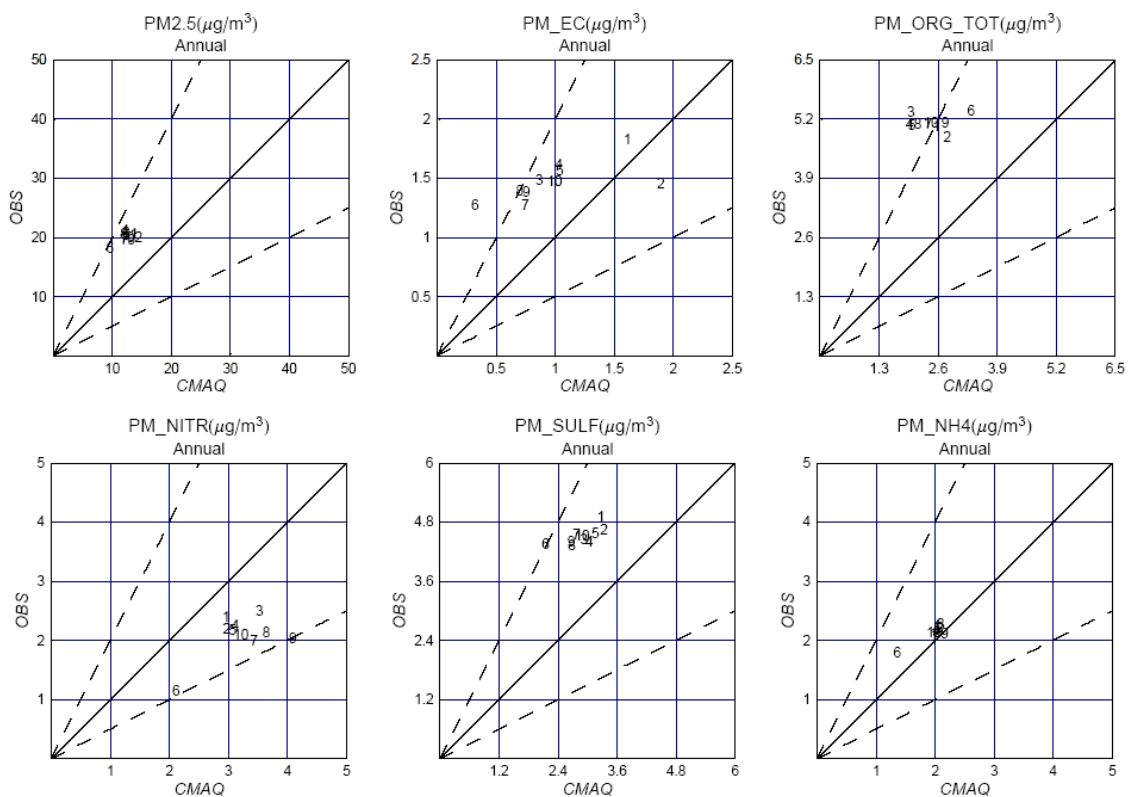


図 7 PM_{2.5}成分別・実測値と計算値の相関関係

現況年平均・都内特別観測地点（一般局）平均

季節別・成分別の実測濃度と計算濃度を比較すると、図 8 に示すようになっている。年平均値で見ると、計算値は、PM_{2.5} 全体では実測濃度の 60%強、FINE(金属などの一次粒子)を除く成分計では実測濃度の 75%程度となっている。計算値の FINE には、水分が計算されず、海塩・土壌の計算が完全でない点に注意が必要である。FINE を除く各成分については、NITR(硝酸イオン)*に過大評価傾向がみとめられるものの、他の成分間のバランスや季節変化の特徴が再現されており、近年の既往のシミュレーション事例**と同程度の再現精度が得られたと考えられる。

* 本来は粒子だけではなくガスを含めた全硝酸と比較すべきである。

** 茶谷ら：3次元大気シミュレーションによる 2005 年度日本三大都市圏 PM_{2.5}濃度に対する国内発生源・越境輸送の感度解析型，大気環境学会誌，46（2011）

森野ら：大気質モデルの相互比較実験による O₃，PM_{2.5}予測性能の評価－2007 年夏季、関東の事例，大気環境学会誌，45（2010）

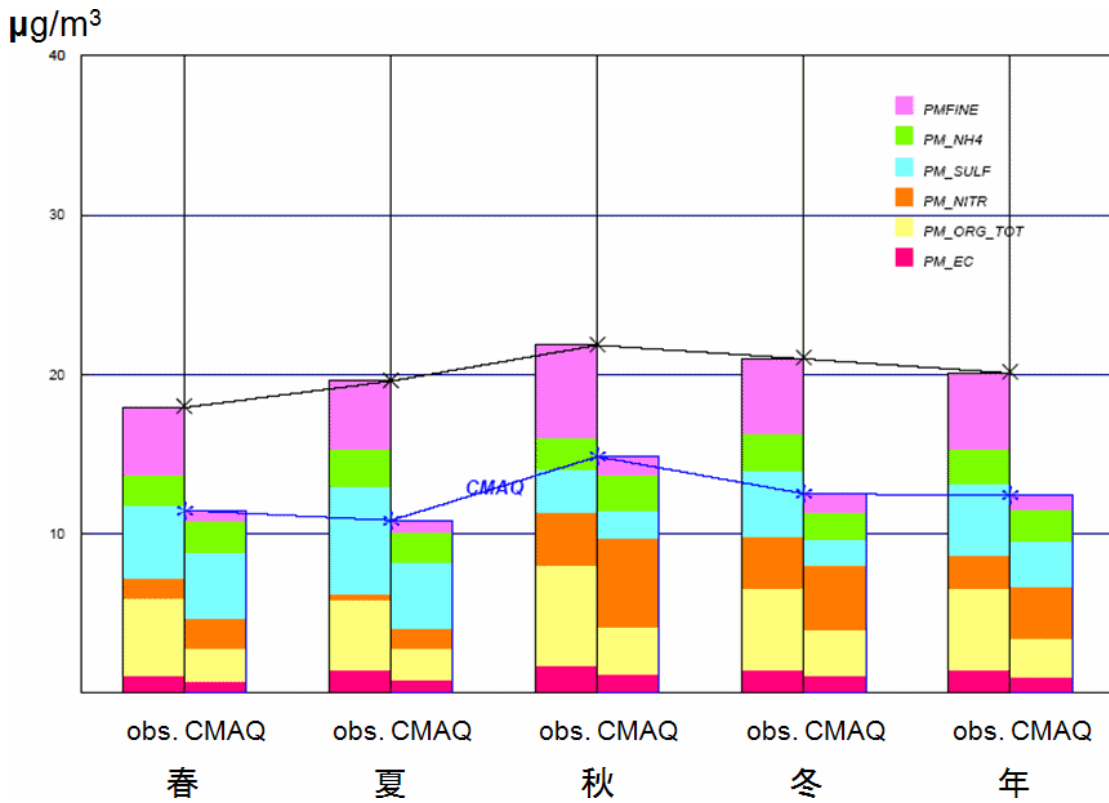


図8 PM_{2.5}季節別・成分別・実測値と計算値の比較
都内特別観測地点（一般局）平均

PM_{2.5}及び各種大気汚染物質等の関東域における四季及び年平均濃度分布の再現状況は、図9-1～図9-5に示すとおりである。NO_x、SO₂などの一次汚染物質の濃度レベル及び分布傾向は、ほぼ適切に再現されていることがわかる。O_xは過大評価傾向であり、SPMは過小評価傾向である。PM_{2.5}は都内の測定地点に限られるが、過小評価である。

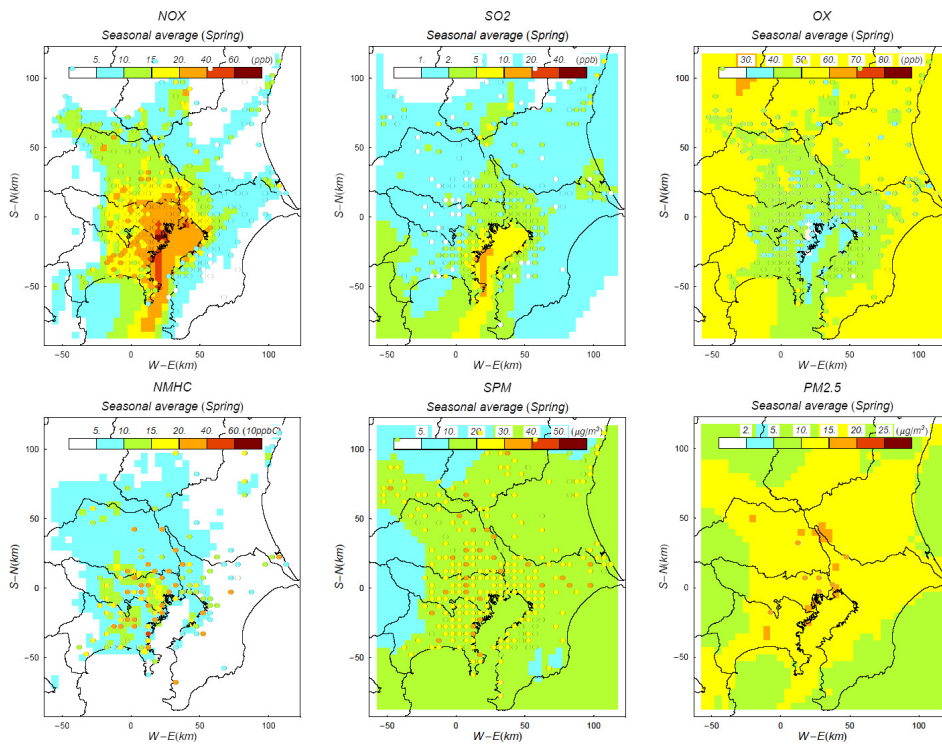


図 9-1 季節別・項目別濃度分布図（現況再現結果：春）

○印は観測値

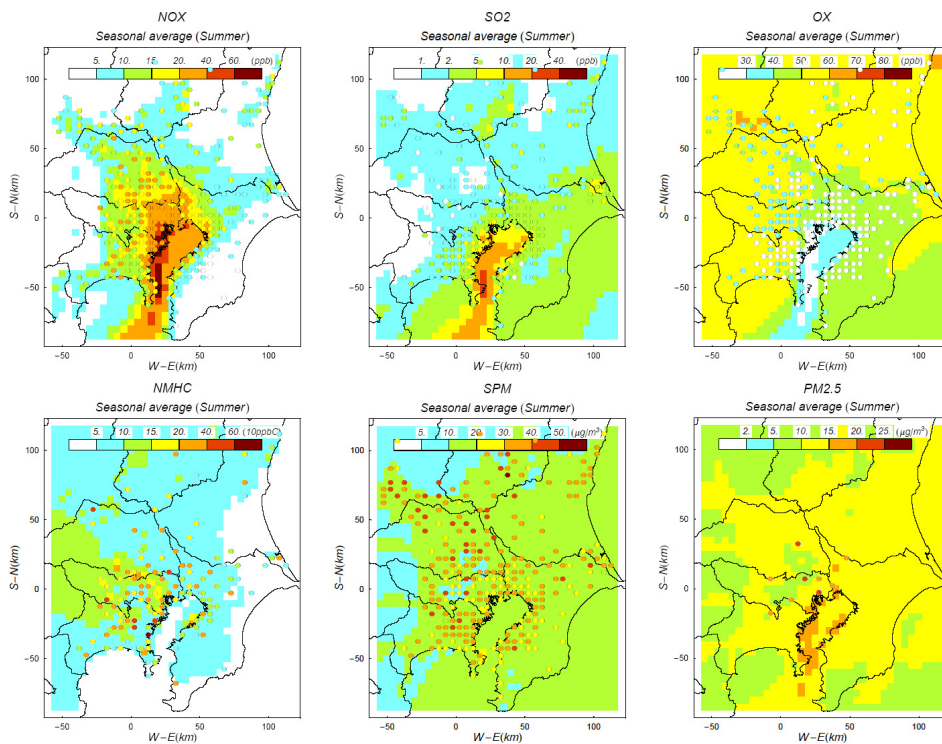


図 9-2 季節別・項目別濃度分布図（現況再現結果：夏）

○印は観測値

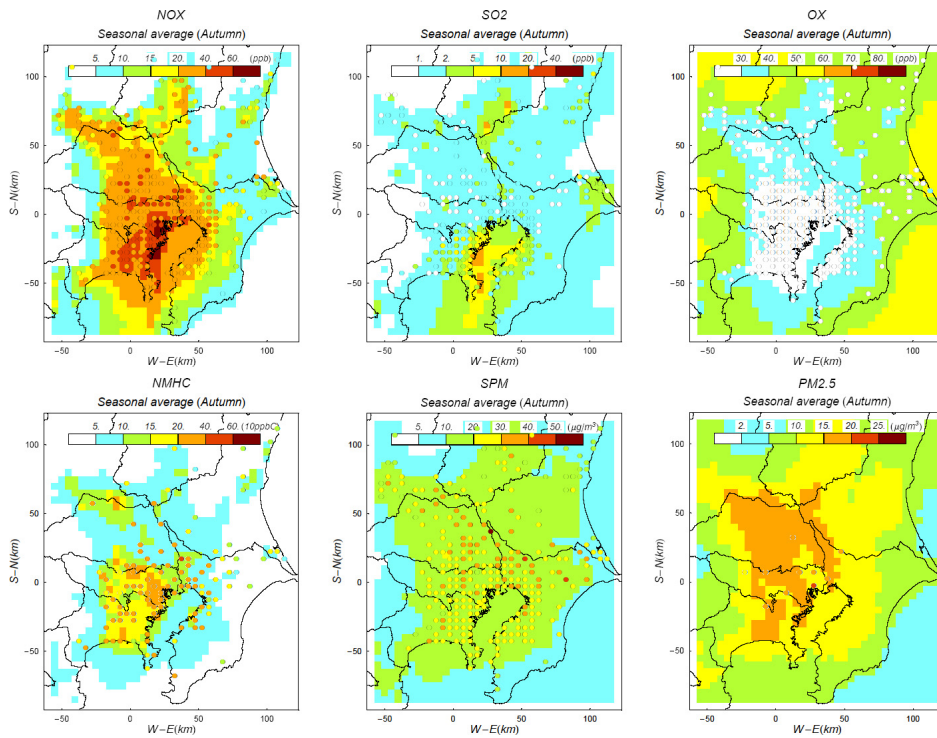


図 9-3 季節別・項目別濃度分布図（現況再現結果：秋）

○印は観測値

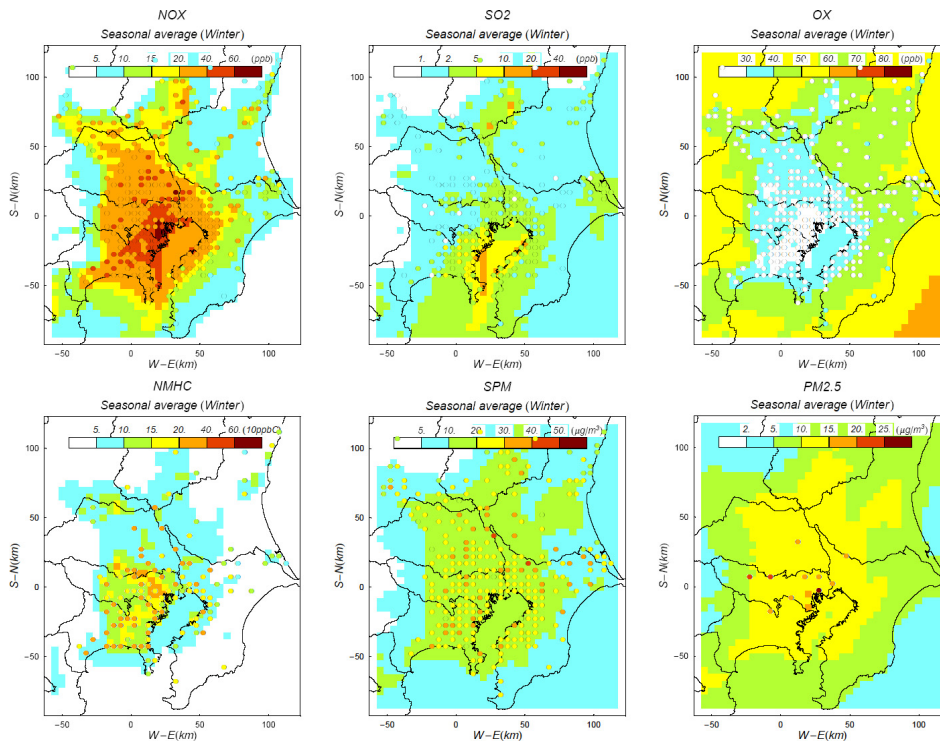


図 9-4 季節別・項目別濃度分布図（現況再現結果：冬）

○印は観測値

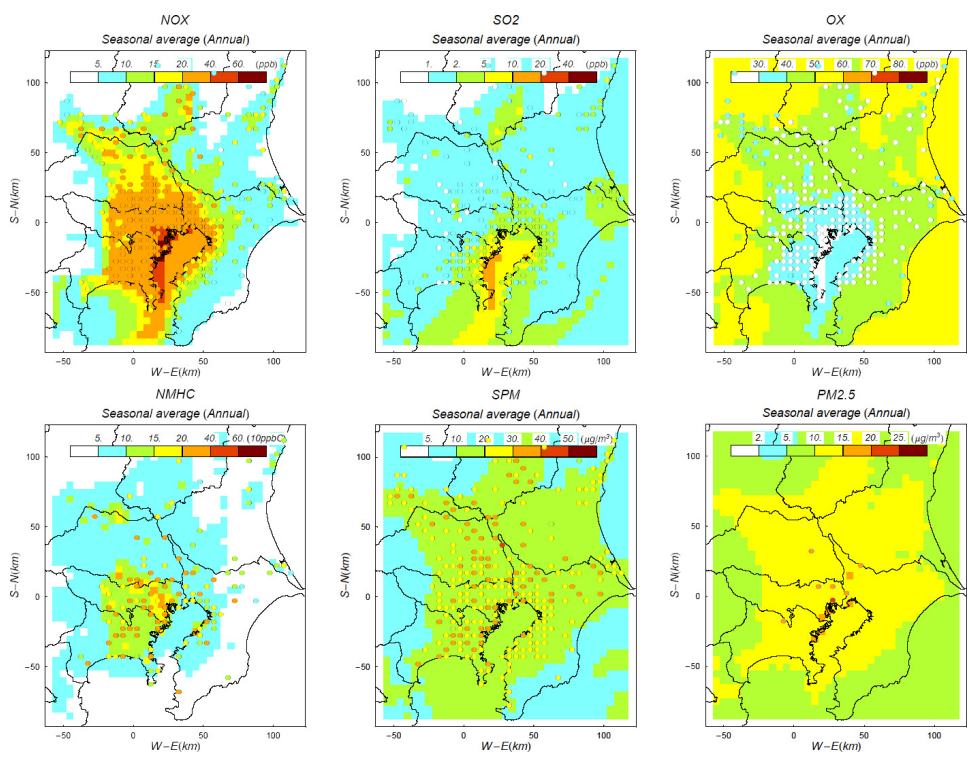


図 9-5 季別・項目別濃度分布図（現況再現結果：年平均）

○印は観測値

(6) 発生源寄与推定

都内の大気環境中 PM_{2.5} における発生源別の寄与濃度を推定するために、関東地方の 8 種類の発生源（自動車、船舶、大規模固定発生源、民生（業務用・家庭用）、建設機械、VOC 発生施設、その他の人為発生源、アンモニア発生源及び自然発生源）の排出量に対するゼロアウト感度計算を行った。発生源削除の対象としたのは、関東地方全域である。ゼロアウト計算結果の例を図 10-1～10-4 に示した。

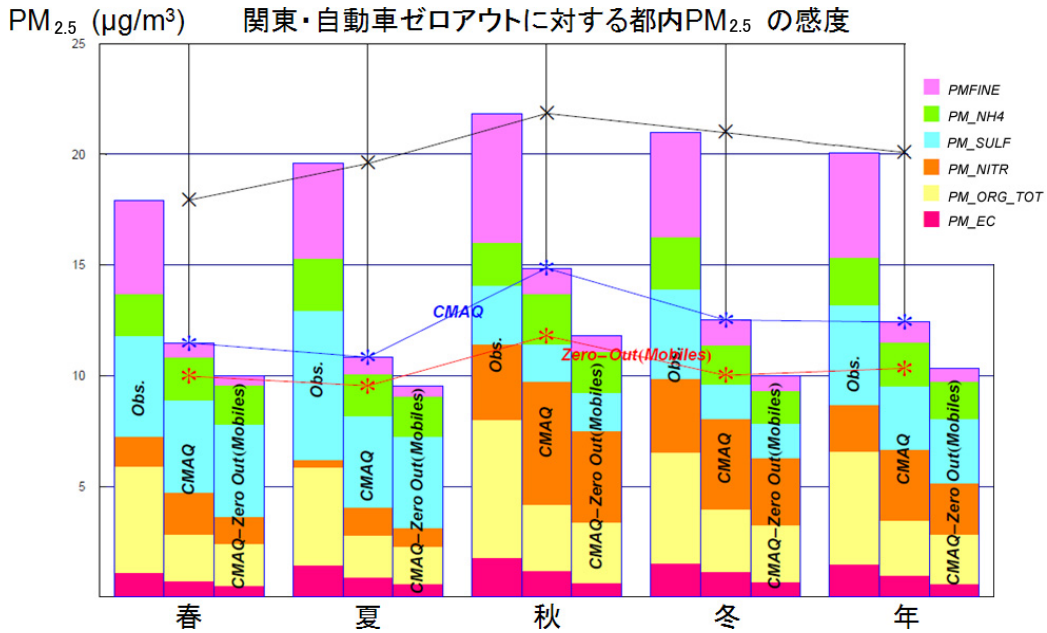


図 10-1 発生源別・季節別・成分別ゼロアウト感度の例（自動車）

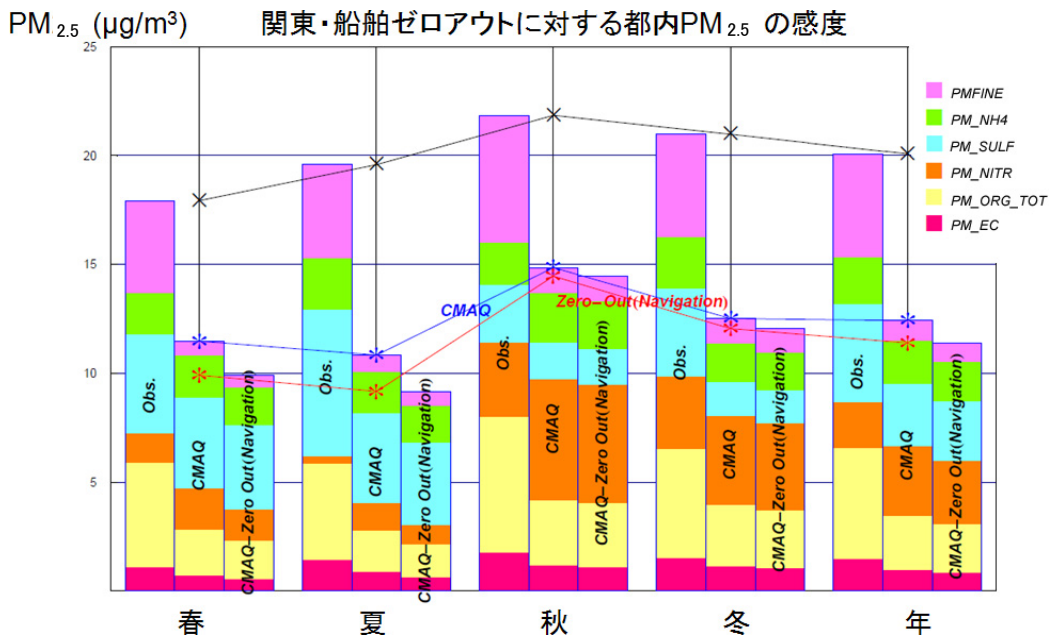


図 10-2 発生源別・季節別・成分別ゼロアウト感度の例（船舶）

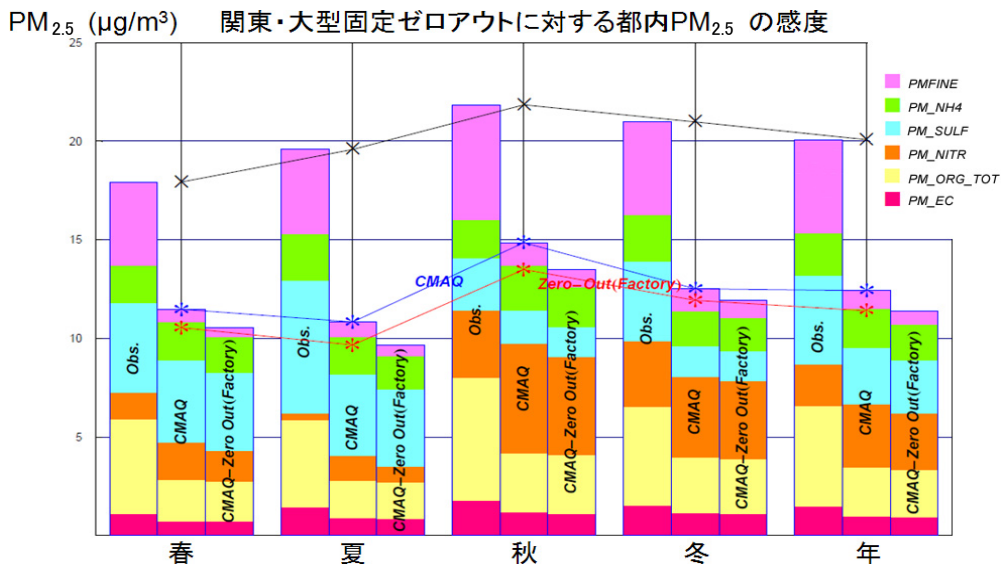


図 10-3 発生源別・季節別・成分別ゼロアウト感度（大規模固定発生源）

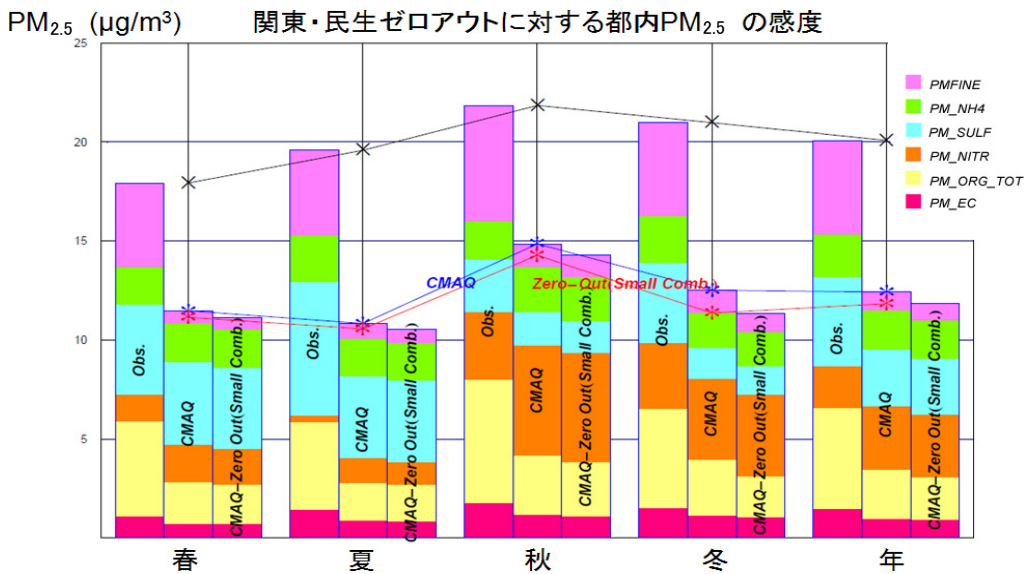


図 10-4 発生源別・季節別・成分別ゼロアウト感度（民生（業務用・家庭用））

ゼロアウト・シミュレーションの結果をもとに、発生源別寄与濃度（率）の推定を試みた。それに先立ち、自動車、船舶、大規模固定発生源、民生（業務用・家庭用）などの主な人為発生源に対して段階的に（20%、50%）発生源強度をカットする感度解析型も行った。図 11 はその結果の例である。年平均濃度は、主な人為発生源の削減率に対しては、ほぼ線形に各成分の濃度が低下することが確認された。そこで、これらの発生源種類（関東地方）について、現況とゼロアウト・ケースの濃度差が、各発生源の寄与濃度を近似的に表していると考えることとする（ゼロアウト法による寄与濃度の推定）。また、現況濃度から感度計算の対象とした 8 種の寄与濃度の推定値の総和を差し引いた濃度（残差）を、「関東外地域からの寄与」と考えることとする。ただし、この残差の部分には、後述する「非線形効果の補正項」も含まれる点に注意が必要である。

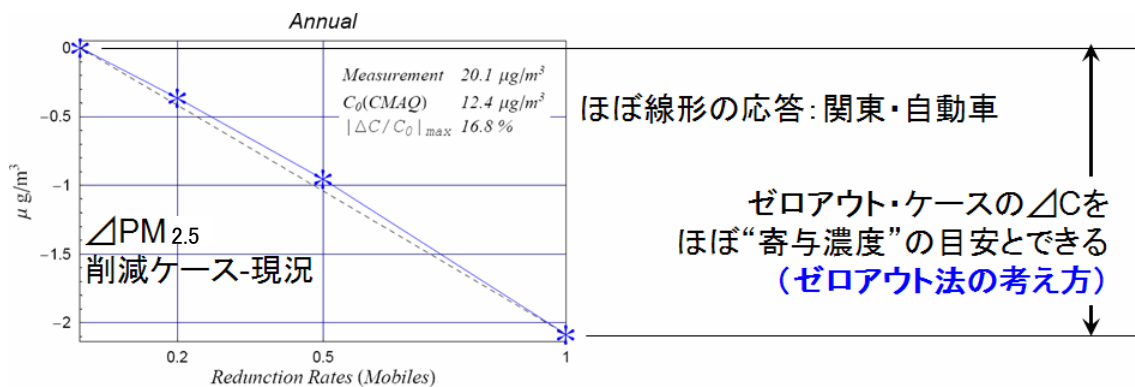


図 11 関東域の自動車発生源強度の定率削減に対する PM_{2.5} 濃度の応答 (年平均)

このようなゼロアウト法による寄与濃度の推定については、以下のような点に留意する必要がある。まず、PM_{2.5} には、二次粒子等、原因物質の排出量と濃度が非線形の関係にある成分が多く存在するため、この方法では基本的に正確な発生源寄与の評価をすることはできない。この方法で評価できるのは、発生源の変化（削減）に対する感度であり、あくまで寄与濃度（寄与率）に類似する「目安の量」と考えるべきである。

また、人為的にコントロールできない「アンモニア発生源及び自然発生源」の削除に対する応答は比較的大きいため、図 11 の例（自動車）のような排出量と濃度間の線形性は十分に担保されず、寄与濃度が過大に評価されている可能性がある。さらに、すべての発生源種類の寄与濃度をゼロアウト法で推定した場合、非線形効果のために寄与濃度の総和は、通常現況濃度と一致しない。これは、近年の CMAQ を用いた濃度予測報告例（茶谷ら：3次元大気シミュレーションによる 2005 年度日本三大都市圏 PM_{2.5} 濃度に対する国内発生源・越境輸送の感度解析型，大気環境学会誌，46，2011）等においても同様な結果が報告されている。本解析型では、その「不一致」分を残差のカテゴリー（図 13 の関東以外の寄与・非線形効果の補正）にしわ寄せしているため、その点に特に注意が必要である。

関東地方の 8 種類の発生源（自動車、船舶、大規模固定発生源、民生、建設機械、VOC 発生施設、その他の人為発生源、アンモニア発生源及び自然発生源）のゼロアウトに対する成分別濃度の応答は、表 11 及び図 12 に示すとおりである。関東地方の人為発生源に対しては、自動車の応答が最大で(2.09 μg/m³)、次いで船舶(1.03 μg/m³)、大規模固定(1.01 μg/m³)、その他人為起源(0.80 μg/m³)である。

人為発生源のうち VOC 発生施設の排出量をゼロとした場合の濃度低減が非常に小さく、排出量から考えると寄与の評価が過小になっていると思われる。現況の CMAQ モデルによる有機エアロゾル(OA:ORG_TOT)の濃度予測報告例は同様な傾向にあるため、OA の寄与推定にはシミュレーション以外の情報も利用することが必要である。また、人為的にコントロールできないアンモニア発生源及び自然発生源の応答が非常に大きく表れているのは、排出量と濃度の線形性がなくなり、寄与濃度が過大に評価された可能性がある。

※ 排出量と濃度が線形とは、排出量の増減に比例して濃度が増減する関係をいい反応性の低い一次排出物質で成り立つ。二次生成物質では、原因物質の排出量を低減した場合、低減割合から予測と異なる濃度低下となる関係（非線形）ことがある。

表 12 関東の発生源別ゼロアウト計算に対する成分別濃度の応答

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

	補正前・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
	現況	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	アンモ自然out
PM _{2.5}	12.42	10.33	11.39	11.41	11.84	11.80	11.62	12.29	8.03
EC	1.00	0.61	0.84	0.96	0.94	0.73	0.96	1.00	1.01
ORG_TOT	2.45	2.21	2.22	2.39	2.15	2.28	2.07	2.37	1.73
NITR	3.21	2.32	2.94	2.84	3.16	3.06	3.09	3.16	0.71
SULF	2.88	2.90	2.71	2.72	2.82	2.89	2.87	2.89	2.66
NH ₄	1.97	1.72	1.83	1.81	1.94	1.93	1.93	1.96	1.00
成分計	11.51	9.76	10.55	10.72	11.00	10.90	10.92	11.38	7.11
FINE	0.91	0.58	0.85	0.69	0.84	0.91	0.70	0.91	0.92

成分計=EC+ORG_TOT+NITR+SULF+NH₄
 FINE=PM_{2.5}-成分計

関東地方の発生源outに対する都内PM_{2.5}の応答(CMAQ)

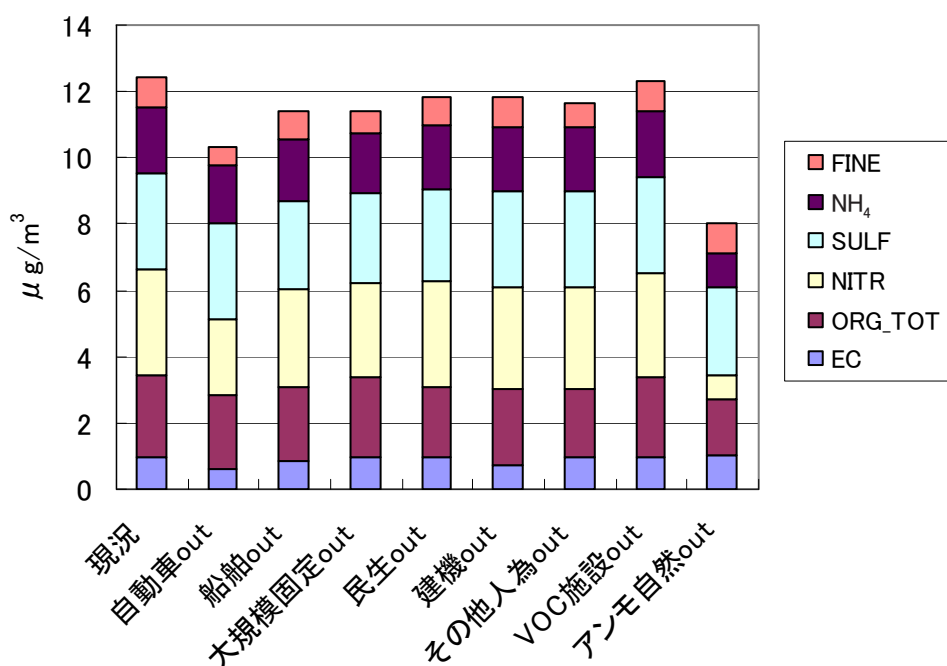


図 12 関東の発生源別ゼロアウト計算に対する成分別濃度の応答

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

ゼロアウト計算結果に基づく発生源別寄与濃度の推定結果は、表 13 に示す通りである。また、この結果に基づいて作成した発生源別寄与率は、図 13 に示す通りである。ここで、感度計算を行わなかった発生源カテゴリーである「関東以外の寄与・非線形効果の補正」については、現況濃度から自動車からアンモニア発生施設・自然までの寄与の総和をさし引いた残差として算定している。そのためこのカテゴリーには、既に述べたように、非線形効果の補正項も含まれている。

図 7 上段右端の散布図から有機エアロゾル (ORG_TOT) の計算濃度は著しく過小評価傾向となっており、そのため表 18 の ORG_TOT の補正係数は 2 を超える値になっている。これと同様の傾向は、近年の CMAQ を用いた環境濃度シミュレーションの報告*にも見られる。この傾向は、特に VOC 発生施設の寄与が過小に評価されていると考えられるので、

有機エアロゾルの寄与濃度推定には、シミュレーション以外の情報も利用することが必要と考えられる。

*茶谷ら：3次元大気シミュレーションによる2005年度日本三大都市圏PM_{2.5}濃度に対する国内発生源・越境輸送の感度解析型，大気環境学会誌，46（2011）

森野ら：大気質モデルの相互比較実験による03，PM_{2.5}予測性能の評価－2007年夏季、関東の事例，大気環境学会誌，45（2010）

表 13 ゼロアウト計算結果に基づく発生源別寄与濃度の推定

2008年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

補正前・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	現況	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	アンモ自然out
PM _{2.5}	12.42	10.33	11.39	11.41	11.84	11.80	11.62	12.29	8.03
現況-outケース		2.08	1.02	1.01	0.58	0.61	0.80	0.13	4.39

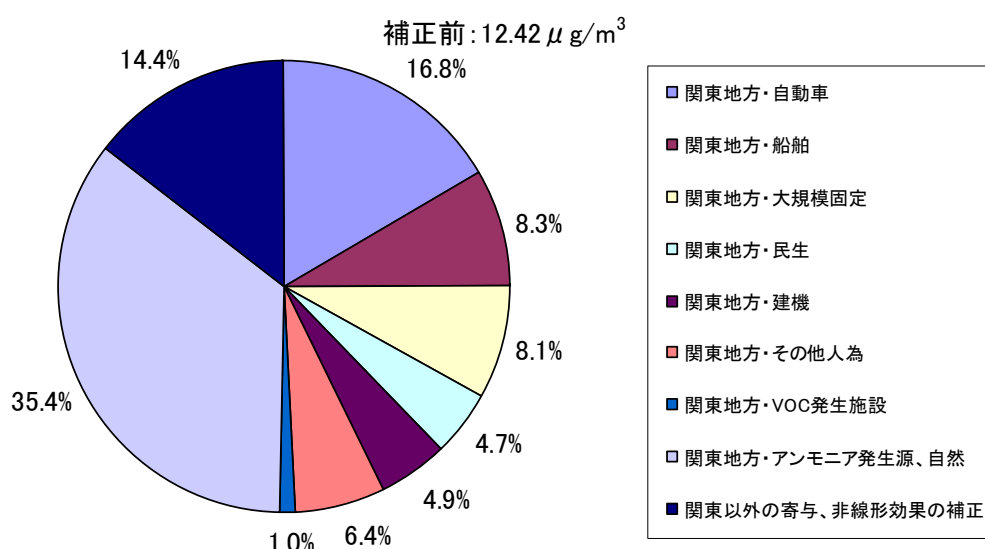


図 13 ゼロアウト計算結果に基づく発生源別寄与率の推定

2008年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

この計算結果からPM_{2.5}の成分別に発生源別寄与濃度を推定し、表14及び図14に示す。寄与濃度が負になった成分・発生源があるが、特に大きいのはNTRの「関東以外の寄与・非線形効果の補正」である。この原因は、アンモニア発生源の削除に対するNTR濃度減少の応答が過大で、それを補償したため大きくマイナス値となったと考えられる。この結果をもって削減対策の効果を判断することは不適切であり、取扱いには十分注意する必要がある。その他、SULFへの域外の寄与が大きいことやNTRへのアンモニア発生源の寄与が大きいことなど、この推定結果は既報のCMAQ計算結果*と同様の傾向を示している。

*茶谷ら：3次元大気シミュレーションによる2005年度日本三大都市圏PM_{2.5}濃度に対する国内発生源・越境輸送の感度解析型，大気環境学会誌，46，（2011）

表 14 ゼロアウト計算結果に基づく発生源別・成分別寄与濃度の推定

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	自動車	船舶	大規模固定	民生	建機	その他人為	VOC発生施設	アンモニア発生源、自然	関東以外の寄与、非線形効果の補正
EC	0.38	0.15	0.03	0.05	0.26	0.04	0.00	-0.01	0.09
ORG_TOT	0.24	0.23	0.06	0.30	0.17	0.39	0.08	0.72	0.26
NITR	0.89	0.27	0.37	0.05	0.15	0.12	0.05	2.50	-1.17
SULF	-0.01	0.18	0.17	0.07	-0.01	0.01	-0.01	0.23	2.26
NH ₄	0.26	0.14	0.17	0.04	0.04	0.04	0.01	0.97	0.30
FINE	0.33	0.06	0.21	0.07	0.00	0.20	0.00	-0.01	0.04

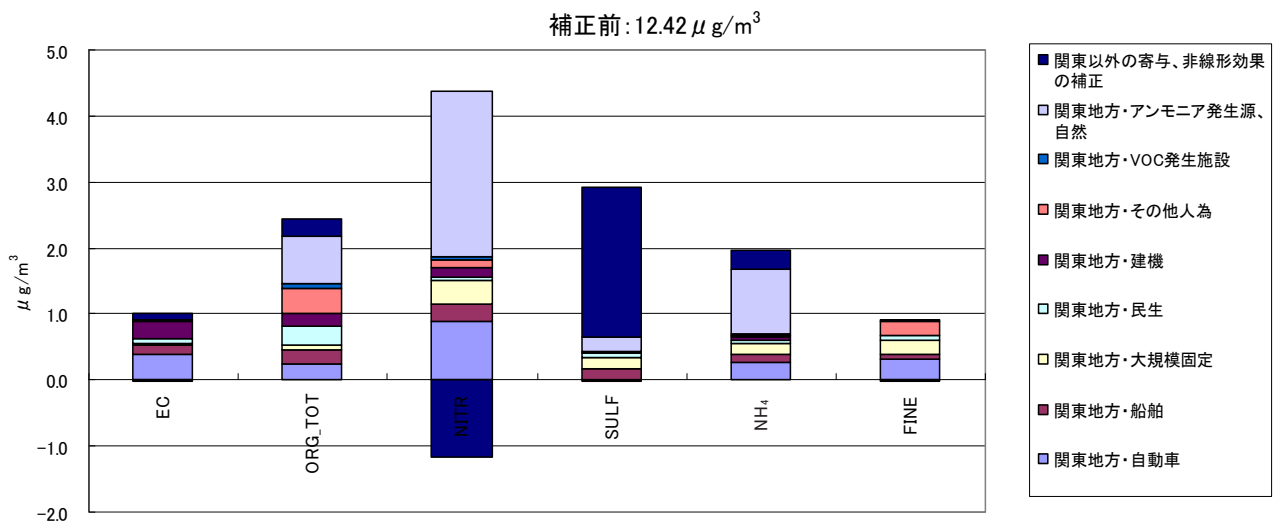


図 14 ゼロアウト計算結果に基づく発生源別・成分別寄与濃度の推定

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

なお、都内の各種発生源に対しても、同様にゼロアウト感度計算を行った。結果は表 15～表 17 及び図 15～図 17 に示すとおりである。これに対して都内の人為発生源は、いずれも小さく最大の自動車でも $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ 未満であった。

表 15 都内の発生源別ゼロアウト計算に対する成分別濃度の応答

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 現況	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	アンモニア自然out
PM _{2.5}	12.42	11.62	12.17	12.36	12.07	12.11	11.97	12.38
EC	1.00	0.79	0.93	0.99	0.96	0.80	0.97	1.00
ORG_TOT	2.45	2.31	2.35	2.44	2.23	2.32	2.22	2.42
NITR	3.21	3.02	3.20	3.23	3.22	3.21	3.16	3.20
SULF	2.88	2.88	2.85	2.87	2.84	2.88	2.88	2.89
NH ₄	1.97	1.92	1.96	1.97	1.96	1.98	1.96	1.97
成分計	11.51	10.92	11.29	11.49	11.22	11.20	11.19	11.47
FINE	0.91	0.70	0.88	0.87	0.86	0.91	0.78	0.91

都内の発生源outに対する都内PM_{2.5}の応答(CMAQ)

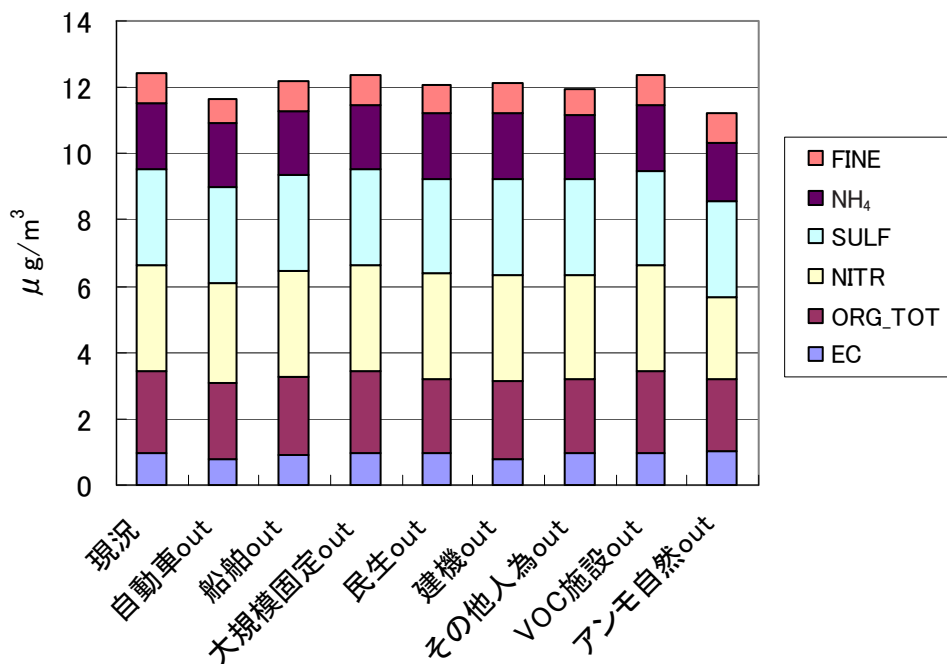


図 15 都内の発生源別ゼロアウト計算に対する成分別濃度の応答

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

表 16 ゼロアウト計算結果に基づく都内発生源別寄与濃度の推定

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	現況	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	アンモニア・自然out
PM _{2.5}	12.42	11.62	12.17	12.36	12.07	12.11	11.97	12.38	11.21
現況-outケース		0.80	0.25	0.06	0.34	0.31	0.44	0.04	1.21

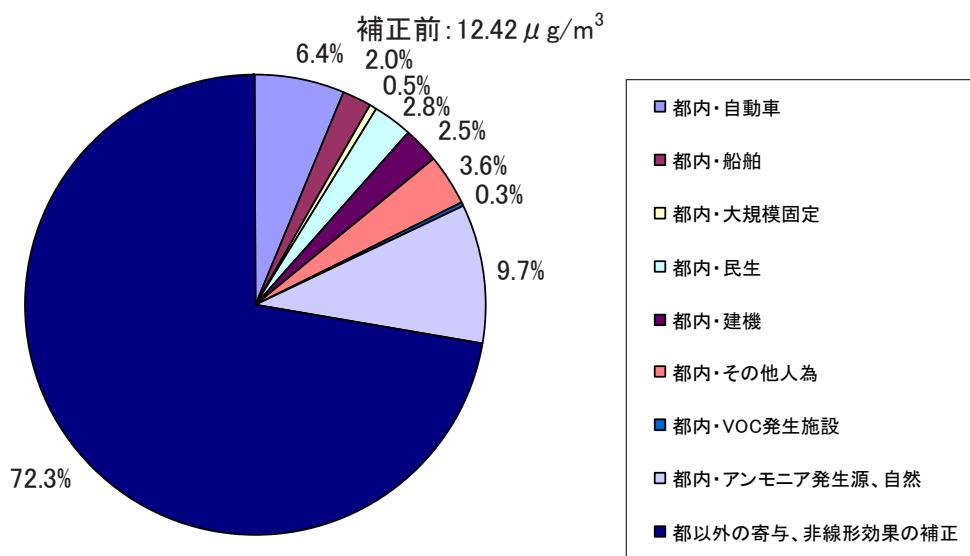


図 16 都内の発生源別ゼロアウト計算結果に基づく発生源別寄与率の推定

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

表 17 ゼロアウト計算結果に基づく都内発生源別・成分別寄与濃度の推定

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	自動車 out	船舶out	大規模固定 out	民生out	建機out	その他 人為out	VOC施設 out	アンモニア・ 自然out	関東以外の 寄与・非線型 の補正
EC	0.21	0.07	0.01	0.04	0.19	0.03	0.00	0.00	0.46
ORG_TOT	0.14	0.10	0.01	0.22	0.13	0.23	0.03	0.23	1.37
NITR	0.18	0.01	-0.02	-0.02	-0.01	0.05	0.01	0.72	2.28
SULF	0.00	0.03	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	2.78
NH ₄	0.06	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.00	0.25	1.63
FINE	0.21	0.03	0.04	0.05	0.00	0.13	0.00	0.00	0.46

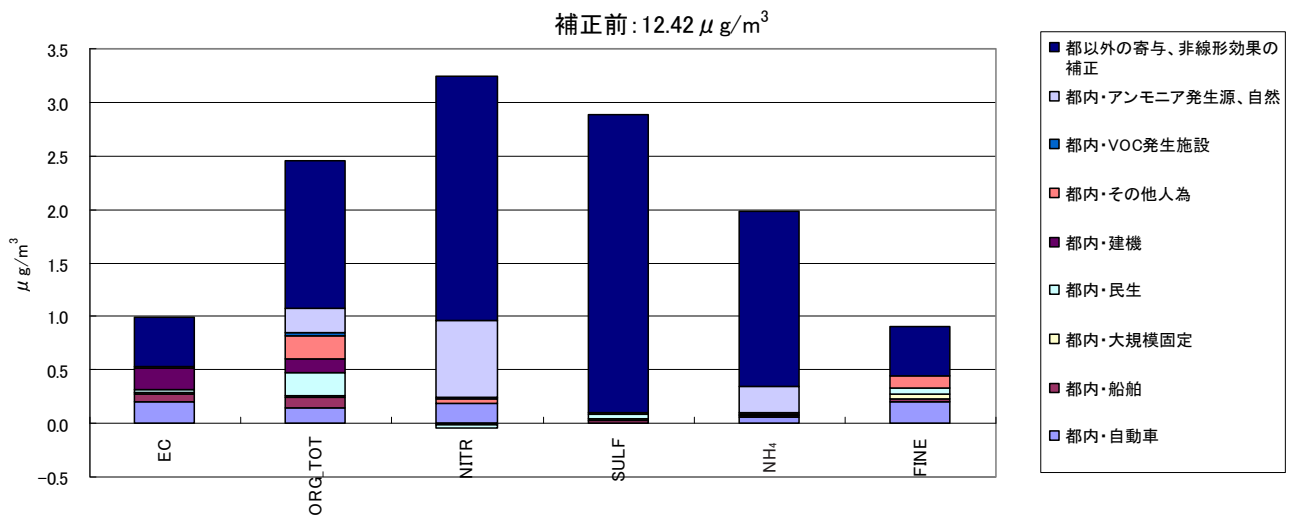


図 17 都内の発生源別ゼロアウト計算結果に基づく発生源別・成分別寄与濃度の推定

2008 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

(7) 数値モデルの計算結果の補正

CMAQ による都内の PM_{2.5} 濃度計算結果と実測濃度（平成 20 年度・四季平均）は、既に図 8 に比較して示した。

実測濃度に対して計算濃度が過小であることは既に述べたが、数値モデルの計算結果を将来予測や対策効果などの定量的な検討に使用するには、実測濃度に基づく補正が必要と考えられる。ここでは、現況の実測濃度と計算濃度の比率に基づく成分ごとの補正係数（CF）を用いることとする。

補正手順の詳細は、表 18 のコメントに示すとおりである。実測濃度の FINE 部分には、数値モデルの FINE 部分で考慮されている（排出量を与えられている）金属成分等の他に、計算されない水分や測定器の分級性能上捕集される粗大粒子（ナトリウム、土、砂、塩素など）が含まれると考えられるため、計算値にはこれも加算する必要がある。

ここでは、実測濃度（元素状炭素（EC）、有機炭素（ORG_TOT）、硝酸イオン（NITR）、硫酸イオン（SULF）、アンモニウムイオン（NH₄））については計算濃度との比率に基づく成分ごとの補正係数（CF）を用いることとし、単一成分ではない実測濃度の FINE（その他の粒子）部分は、数値モデルで計算可能な成分を分離して CF を求め補正した。そこで、まず実測濃度の FINE 部分を CMAQ の計算に対応する部分とそれ以外の成分及び水分に分配する。それ以外の成分のうち、海塩及び土壌については実測値から平均濃度として一定値を与えることとする。水分については、まず平成 20 年度では湿度 50%*で秤量したためこれを湿度 35%に補正し、次に湿度 35%条件下で無機粒子成分（SULF+NITR+NH₄）と平衡にある水分量を求める。湿度の補正は両湿度での測定値から質量の 5%を減じて 35%での秤量値とし、平衡にある水分量は（SULF+NITR+NH₄）の年平均濃度を E-AIM モデル（<http://www.aim.env.uea.ac.uk/aim/aim.php/>）に入力して求めた。これにより、実測濃度の FINE 部分を CMAQ で計算できない成分（水分+（海塩・土壌））と CMAQ で計算可能な部分に分ける。

CMAQ による現況計算結果の各成分濃度に CF を乗じ、水分を加算すると、結果は現況実測濃度と一致する。将来計算結果や削減シミュレーション結果も、これらの CF と水分率を適用して補正することとする。

* 平成 20 年度の環境調査のろ紙秤量は測定法の制定前であったため湿度 50%で行った。

表 18 2008 年度（四季）・都内特別観測地点（一般局）平均濃度の補正係数

	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	$\mu\text{g}/\text{m}^3$		$\mu\text{g}/\text{m}^3$
	50%秤量		補正係数CF	補正後
	obs	CMAQ	obs/CMAQ	CMAQ
PM _{2.5}	20.08	12.42		20.08
EC	1.47	1.00	1.48	1.47
ORG_TOT	5.11	2.45	2.09	5.11
NITR	2.09	3.21	0.65	2.09
SULF	4.51	2.88	1.56	4.51
NH ₄	2.13	1.97	1.08	2.13
成分計	15.32	11.51		15.32
FINE	4.76			
		0.91		
Other	1.58	0.91	1.74	1.58
海塩・土壌	0.74			0.74
平衡水分	1.44			1.44
水分(湿度補正)	1.00			1.00
FINE+				4.76
PM _{2.5} (35%秤量)	19.07			19.07

成分計=EC+ORG_TOT+NITR+SULF+NH₄

FINE=PM_{2.5}-成分計

* CMAQのFINE=Other Other:Na、土、砂、Cl、…

* obsのFINE=Other+水分+海塩・土壌

○ 補正の準備

- obsのFINEをOtherと海塩・土壌、水分に分ける
 海塩と土壌はCMBパターン1の年平均値を使う $0.23 + 0.51 = 0.74$ ←海塩、土壌、和 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 E-AIMで成分濃度(年平均値)に対する平衡水分量を算出する 1.44 ←35%秤量時の含水量 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
 湿度補正分の水分のPM_{2.5}に対する比率は、実験値より→ 5.00%
 (obsのFINE)から(海塩・土壌+平衡水分+湿度補正)を差し引いてOtherを算出する
- 各成分とOtherの補正係数CF=obs/CMAQを算定する

○ 補正の手順

- CMAQの各成分とOtherに補正係数CF=obs/CMAQを乗じて補正する
- (CMAQのFINE)は上の操作でOtherに補正されている
 補正した成分濃度をE-AIMに入力して平衡水分量を出す
 上のOther(=補正後のFINE)に海塩・土壌と平衡水分を加算し“FINE+”とする
 50%秤量値とする場合は、さらに湿度補正分を“FINE+”に加算する
- 補正後の成分計と“FINE+”の和を、補正後のPM_{2.5}とする

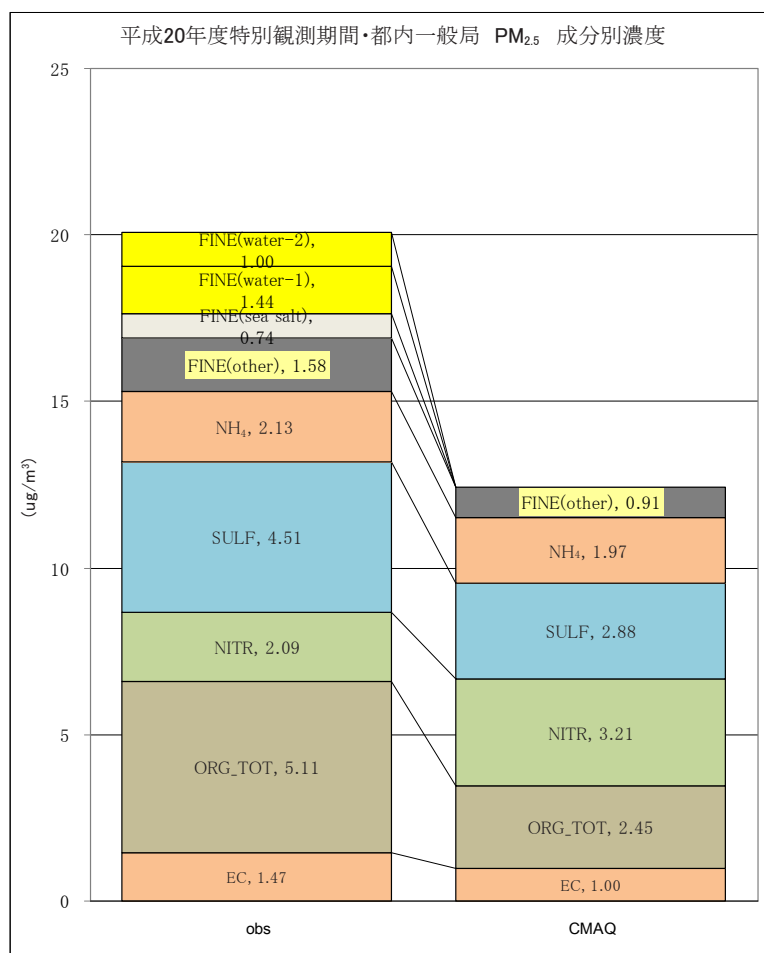


図 18 測定濃度 (obs) と計算濃度 (CMAQ) 成分別濃度の対応 (2008 年度・四季平均値)

季節別の補正係数の算定結果を表 19 に示した。また、季節別の obs と CMAQ の対応関係は、図 19-1、図 19-2 に示す通りである。同表から、成分によっては季節別の補正係数の変動（ばらつき）が比較的大きいことがわかる。このことから、CMAQ による将来予測値等の補正は季節ごとに行い、その結果を平均して年平均の予測値とした。

表 19 季節別・成分別補正係数の算定結果 (2008 年度)

	春	夏	秋	冬	年
EC	1.50	1.64	1.51	1.31	1.48
ORG_TOT	2.32	2.31	2.06	1.80	2.09
NITR	0.68	0.29	0.61	0.80	0.65
SULF	1.10	1.62	1.58	2.61	1.56
NH ₄	0.97	1.23	0.87	1.32	1.08
Other	1.44	0.54	3.07	0.99	1.74

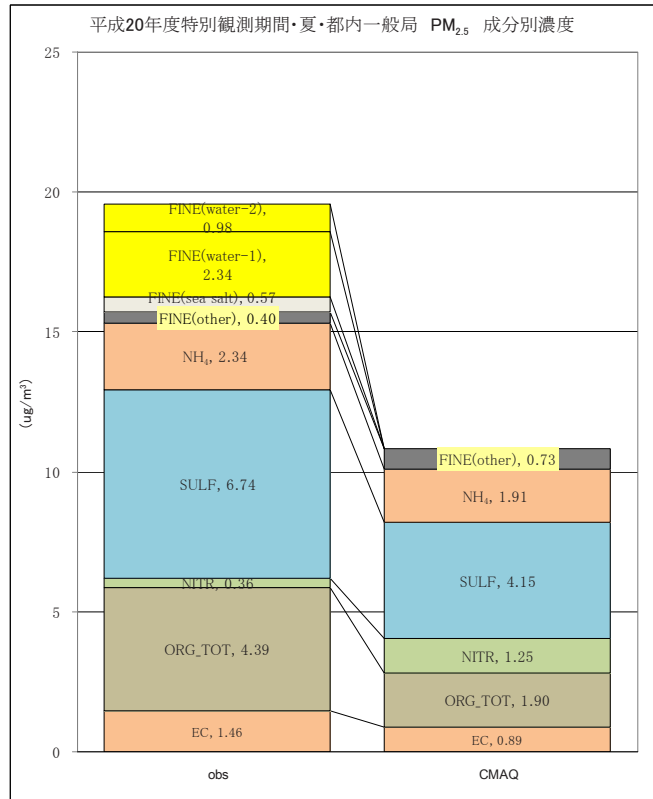
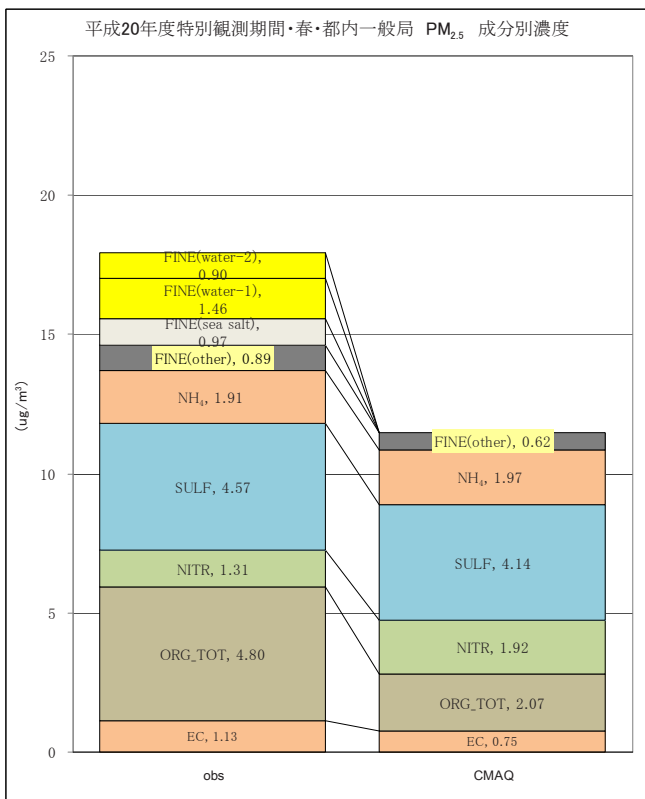


図 19-1 測定濃度 (obs) と計算濃度 (CMAQ) 成分別濃度の対応 (2008 年度・春及び夏平均値)

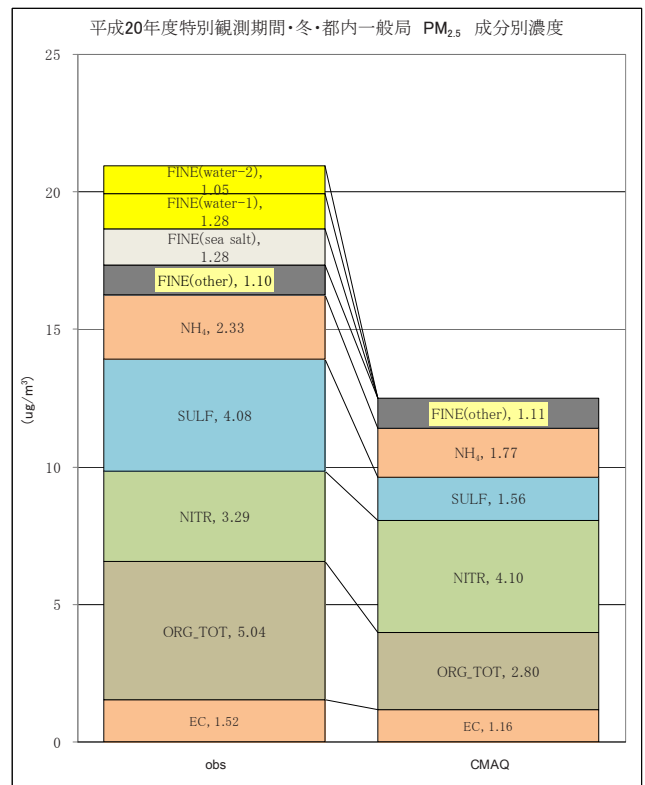
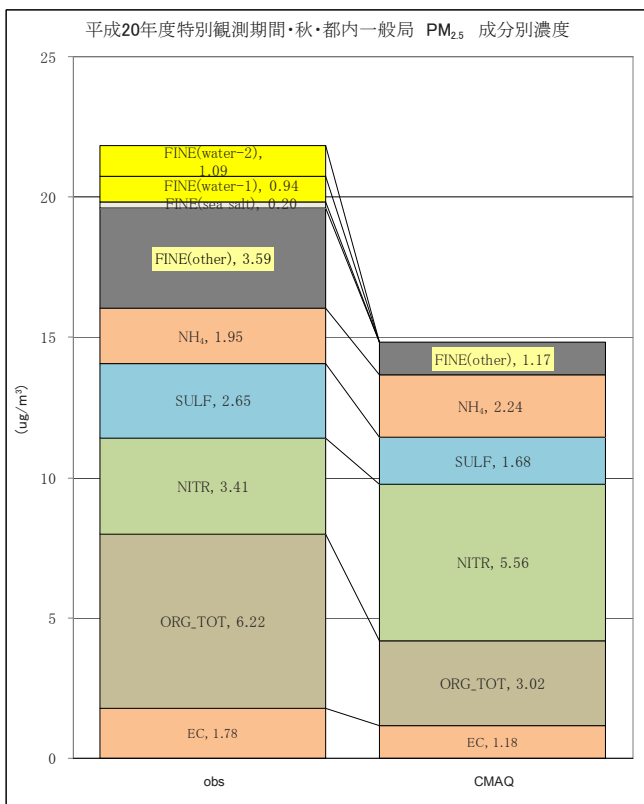


図 19-2 測定濃度 (obs) と計算濃度 (CMAQ) 成分別濃度の対応 (2008 年度・秋及び冬平均値)

(8) 発生源寄与推定結果の補正

ゼロアウト感度計算の結果に対して、表 18 に示した補正係数を有機粒子（ORG_TOT）以外の成分に乘じ、さらに海塩・土壌と水分を加えて補正する。ORG_TOT 以外の成分については、補正済み現況濃度と補正済み発生源別ゼロアウト濃度の較差を、各発生源からの寄与濃度と考える。ORG_TOT については、(6) 発生源寄与推定で述べたように VOC 発生施設の寄与が十分に出ないという問題があるため、別に扱うこととする。

ORG_TOT については、前提条件として、CMB の知見に基づき v-OC 濃度を定める。すると一次粒子（POA）も ORG_TOT から v-OC を引いて出すことができる。v-OC は各種発生源への分配を行わない。POA は PM_{2.5} の発生源別排出量のパーセンテージ（表 20-3）、関東全体の排出量に占める割合）を指標として、各発生源に分配する。ここで厳密には、POA 濃度には「関東外から都内への寄与」が含まれると考えられるが、実測や CMB による知見からは、関東外からの寄与の度合いを把握できない。一般的に、人為的 POA は長距離輸送の寄与が小さいと考えられるので、ここでは POA を、関東外から都内への寄与を考慮せず、すべて関東内の各種発生源に配分することとした。

補正及び POA 分配方法の詳細は、表 20-1 のコメントに示すとおりである。また、以上の方法による補正結果及び発生源別寄与濃度推定結果は、表 20-1 及び図 20-1 に示すとおりである。図 20-2 には、都内の発生源からの寄与濃度を、上と同じ方法で推定した結果を併せて示す。注：この補正係数は関東地方のデータを基に決定したものであるため、東京都域へ適用して計算した結果は本来の結果とは厳密には少し異なる。

表 20-1 関東の発生源ゼロアウト計算結果の補正

現況	補正後・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$									
	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	アンモニア自然out		
PM _{2.5}	19.07									
EC	1.47	0.91	1.24	1.42	1.40	1.09	1.42	1.47	1.49	
ORG_TOT	5.11	4.61	4.62	4.98	4.52	4.76	4.31	4.94	3.58	
POA	1.14									
v-OC	3.97									
NITR	2.09	1.52	1.95	1.89	2.07	2.01	2.02	2.06	0.50	
SULF	4.51	4.53	4.24	4.25	4.38	4.52	4.49	4.52	4.18	
NH ₄	2.13	1.86	1.98	1.96	2.09	2.09	2.09	2.12	1.11	
成分計	15.32	13.42	14.02	14.50	14.46	14.46	14.32	15.12	10.87	
Other	1.49	0.93	1.42	1.15	1.38	1.49	1.12	1.50	1.52	
海塩・土壌	0.76									
平衡水分	1.50									
FINE+	3.75									
CMB・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 年平均		補正・分配の方法								
v-OC	4.13	感度解析結果の補正								
海塩・土壌	0.74	EC、NITR、SULF、NH ₄ 、Otherは補正係数を乗じて補正する。 平衡水分は、現況補正後の成分濃度を使ってE-AIMで出す。 海塩・土壌はCMBの結果。湿度補正水分は使用しない。								
E-AIM 年平均		現況ORG_TOT(補正值=実測値)の分配								
平衡水分・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1.44	v-OC濃度はCMBの結果。発生源に分配しない。 POAはORG_TOTからv-OCを差し引いたものとする。 ↑CMBの一次OC=0.77と異なるが、その差は補正しない。 POAの各発生源への分配はPM _{2.5} 排出量を指標とする。								

表 20-2 関東発生源ゼロアウト計算結果（補正後）に基づく発生源別寄与濃度推定

	自動車	船舶	大規模固定	民生	建機	その他人為	アンモニア 発生源、自然	v-OC	関東外、非 線形効果補 正	海塩・土壌	平衡水分	計 μg/m ³
PM _{2.5}	2.20	1.27	1.24	0.44	0.60	0.71	2.90	3.97	3.48	0.76	1.50	19.07
EC	0.56	0.23	0.05	0.08	0.38	0.06	-0.02		0.13			1.47
POA	0.24	0.39	0.21	0.06	0.09	0.15						1.14
v-OC								3.97				3.97
NITR	0.58	0.15	0.20	0.02	0.09	0.08	1.59		-0.61			2.09
SULF	-0.02	0.27	0.26	0.13	-0.01	0.02	0.33		3.53			4.51
NH ₄	0.28	0.15	0.18	0.04	0.04	0.04	1.03		0.38			2.13
Other	0.56	0.07	0.34	0.11	0.00	0.37	-0.02		0.06			1.49
海塩・土壌										0.76		0.76
平衡水分											1.50	1.50

表 20-3 関東地方の PM_{2.5} 発生源別排出量集計結果・現況（2008 年度）

排出量 (t/年)

	東京都	関東地方
自動車	848	5,071
船舶	722	8,205
大規模固定煙源	189	4,320
民生	416	1,214
建設機械等	392	1,895
その他人為	662	3,023
計	3,230	23,728

関東地方の排出量に対する割合

	東京都	関東地方
自動車	3.6%	21.4%
船舶	3.0%	34.6%
大規模固定煙源	0.8%	18.2%
民生	1.8%	5.1%
建設機械等	1.7%	8.0%
その他人為	2.8%	12.7%
計	13.6%	100.0%

外洋航路は関東・船舶に含めた

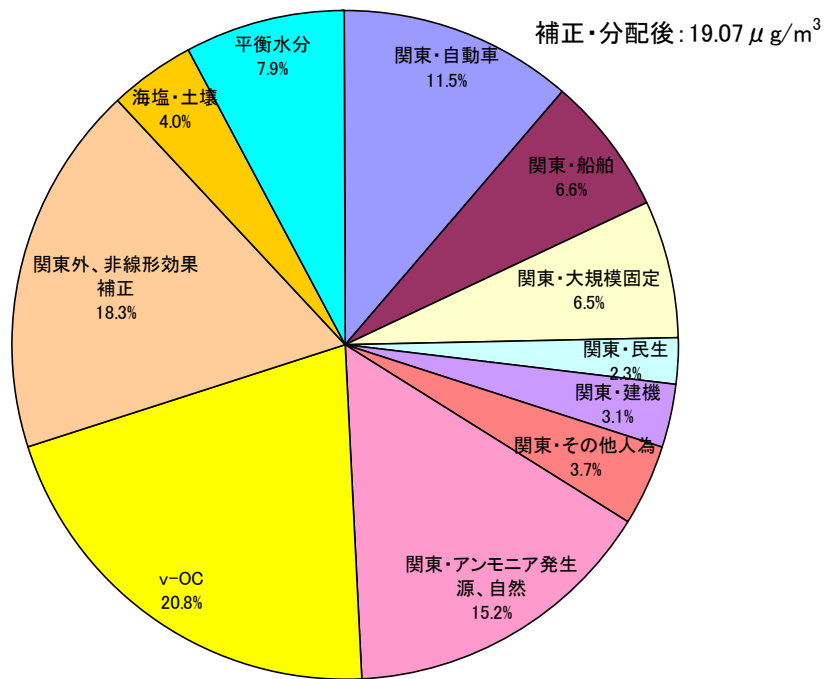


図 20-1 関東の発生源ゼロアウト計算結果の補正結果に基づく発生源別寄与割合推定

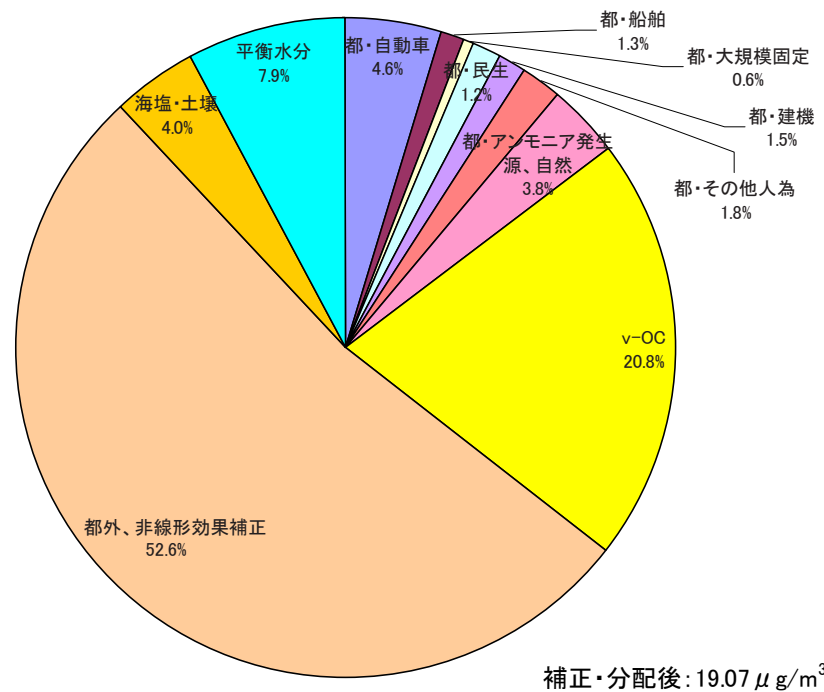


図 20-2 都内の発生源ゼロアウト計算結果の補正結果に基づく発生源別寄与割合推定

(9) 単純将来濃度計算結果

数値型モデル（CMAQ）による単純将来濃度の予測結果は、表 21 及び図 21 に示すとおりである。表 21 には各成分の補正係数（表 18 より再掲）も併せて掲げる。

表 21 数値モデルによる都内 PM_{2.5} 単純将来（2016）濃度予測結果（未補正）

	補正前・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$		補正係数CF obs/CMAQ
	現況	単純将来	
PM _{2.5}	12.42	10.77	
EC	1.00	0.52	1.48
ORG_TOT	2.45	2.14	2.09
NITR	3.21	2.65	0.65
SULF	2.88	2.92	1.56
NH ₄	1.97	1.82	1.08
成分計	11.51	10.05	
FINE	0.91	0.72	
Other	0.91	0.72	1.74

成分計=EC+ORG_TOT+NITR+SULF+NH₄
 FINE=PM_{2.5}-成分計

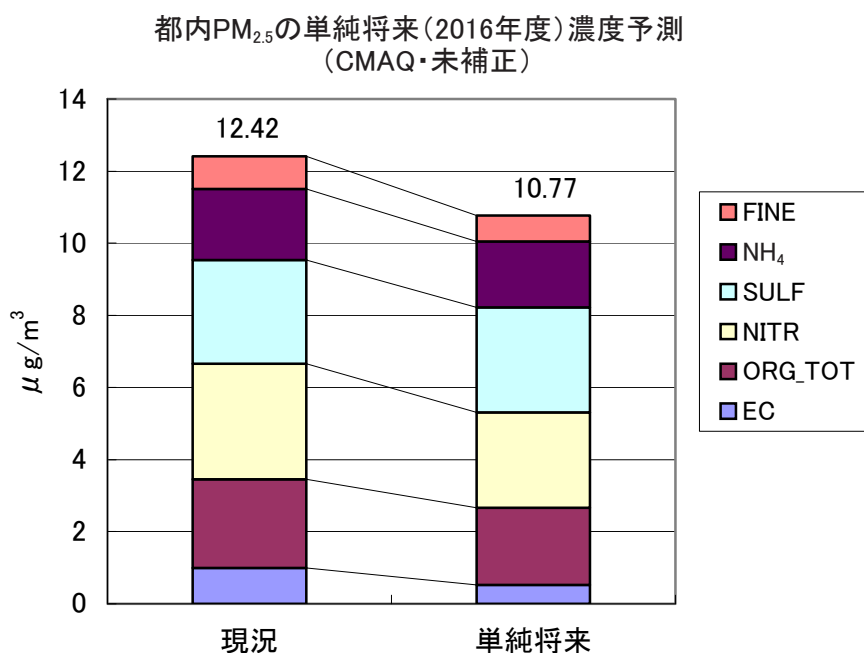


図 21 数値モデルによる都内 PM_{2.5} 単純将来（2016）濃度予測結果（未補正）

(10) 単純将来発生源寄与推定

単純将来の関東地方の8種類の発生源のゼロアウトに対する成分別濃度の応答は、表22-1及び図22-1に示すとおりである。関東地方の人為発生源に対しては、大規模固定の応答が最大で(1.37 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 次いで自動車(1.16 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), 船舶(1.14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$), その他人為起源(0.74 $\mu\text{g}/\text{m}^3$)である。現況との違いは、自動車の応答が半減に近く、大規模固定煙源の応答が36%程度増加していることが大きい。船舶や民生の応答はやや増、その他の人為発生源と建機は低下している。

現況と同様に「アンモニア発生源及び自然発生源」の削除に対する応答は比較的大きく、非線形性の影響が表れている可能性がある。

表 22-1 関東の発生源別ゼロアウト計算に対する成分別濃度の応答

	補正前・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
	単純将来	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	アンモ自然out
PM _{2.5}	10.77	9.61	9.62	9.40	10.03	10.58	10.03	10.67	6.98
EC	0.52	0.43	0.35	0.48	0.46	0.45	0.48	0.52	0.52
ORG_TOT	2.14	2.05	1.89	2.07	1.83	2.09	1.79	2.06	1.45
NITR	2.65	2.00	2.35	2.03	2.50	2.60	2.54	2.62	0.62
SULF	2.92	2.92	2.71	2.74	2.85	2.92	2.90	2.93	2.69
NH ₄	1.82	1.63	1.66	1.58	1.75	1.81	1.79	1.82	0.98
成分計	10.05	9.04	8.97	8.90	9.39	9.86	9.50	9.95	6.26
FINE	0.72	0.57	0.65	0.50	0.65	0.72	0.53	0.72	0.73

成分計=EC+ORG_TOT+NITR+SULF+NH₄

FINE=PM_{2.5}-成分計

※ 2016年度・特別観測期間(四季)平均・都内特別観測地点(一般局)平均

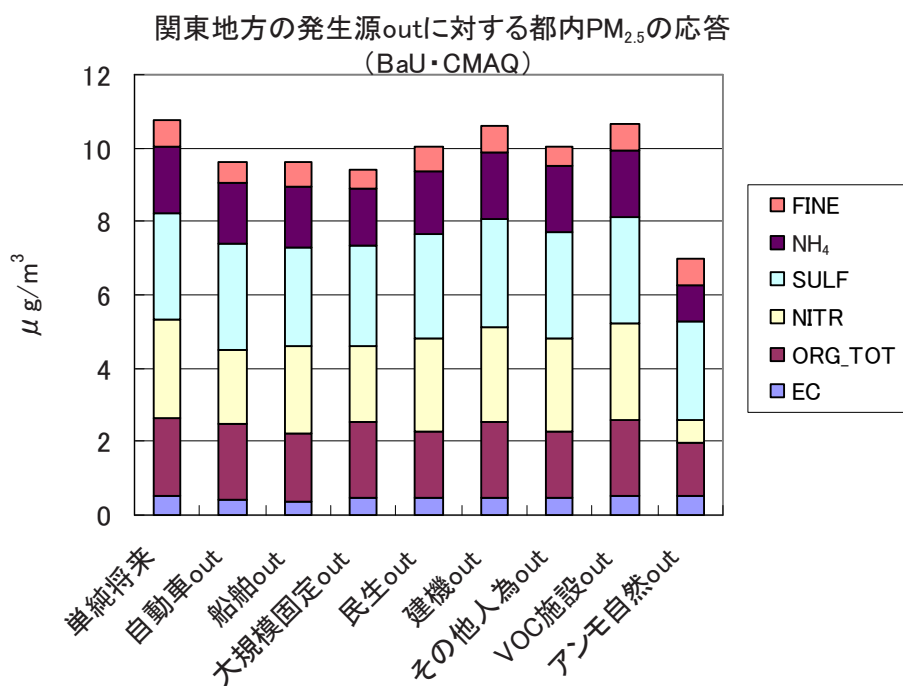


図 22-1 関東の発生源別ゼロアウト計算に対する成分別濃度の応答

2016年度・特別観測期間(四季)平均・都内特別観測地点(一般局)平均

ゼロアウト計算結果に基づく発生源別寄与濃度の推定結果は、表 22-2 に示す通りである。また、この結果に基づく発生源別寄与率の推定結果は、図 22-2 に示す通りである。ここで、感度計算を行わなかった発生源カテゴリーである「関東以外の寄与」については、現況濃度から自動車～アンモニア発生施設・自然までの寄与の総和をさし引いた残差として出している。そのためこのカテゴリーには、非線形効果の補正項も含まれることになる。

既に述べたように、現況シミュレーションでは有機エアロゾル (ORG_TOT:0A) の計算結果が過小評価傾向であった。そのため、この単純将来の寄与推定においても、特に VOC 発生施設の寄与が過小に評価されていると考えられる。このため、現況と同様に、有機粒子の寄与推定には、シミュレーション以外の情報も利用することが必要と考えられる。

表 22-2 ゼロアウト計算結果に基づく発生源別寄与濃度の推定

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

補正前・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	単純将来	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	アンモ自然out
PM _{2.5}	10.77	9.61	9.62	9.40	10.03	10.58	10.03	10.67	6.98
単純将来-outケース		1.16	1.14	1.37	0.73	0.19	0.74	0.10	3.78

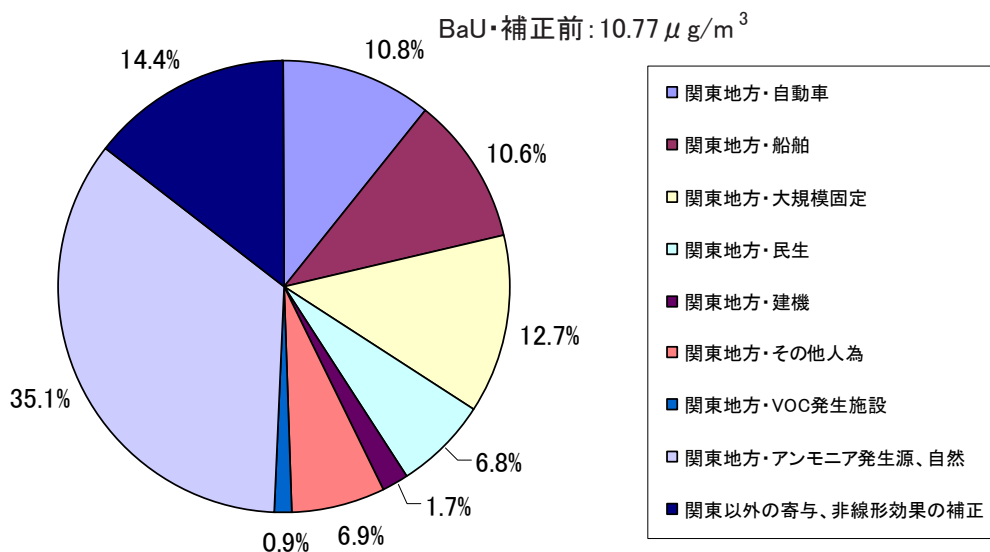


図 22-2 ゼロアウト計算結果に基づく発生源別寄与率の推定

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

(8) 発生源寄与推定結果の補正と同様の手法で PM_{2.5} の成分別に発生源別寄与濃度を推定した結果は、表 22-3 及び図 22-3 に示すとおりである。非線形効果により、寄与濃度が負になる成分・発生源があるが、特に大きいのは NITR のケースである。これは、アンモニア発生源の削除に対する NITR の減少の応答が過大で、それを補償したためにマイナスの値になったと考えられる。

表 22-3 ゼロアウト計算結果に基づく発生源別・成分別寄与濃度の推定

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

	自動車	船舶	大規模 固定	民生	建機	その他 人為	VOC 発生施設	アンモニア 発生源、 自然	関東以外 の寄与、 非線形 効果の補正
EC	0.09	0.17	0.03	0.05	0.07	0.04	0.00	-0.01	0.07
ORG_TOT	0.10	0.25	0.07	0.31	0.05	0.35	0.09	0.69	0.23
NITR	0.65	0.30	0.62	0.15	0.05	0.11	0.03	2.03	-1.28
SULF	-0.01	0.20	0.18	0.07	0.00	0.01	-0.01	0.23	2.24
NH ₄	0.19	0.16	0.25	0.07	0.01	0.04	0.00	0.85	0.26
FINE	0.15	0.07	0.22	0.07	0.00	0.19	0.00	-0.01	0.03

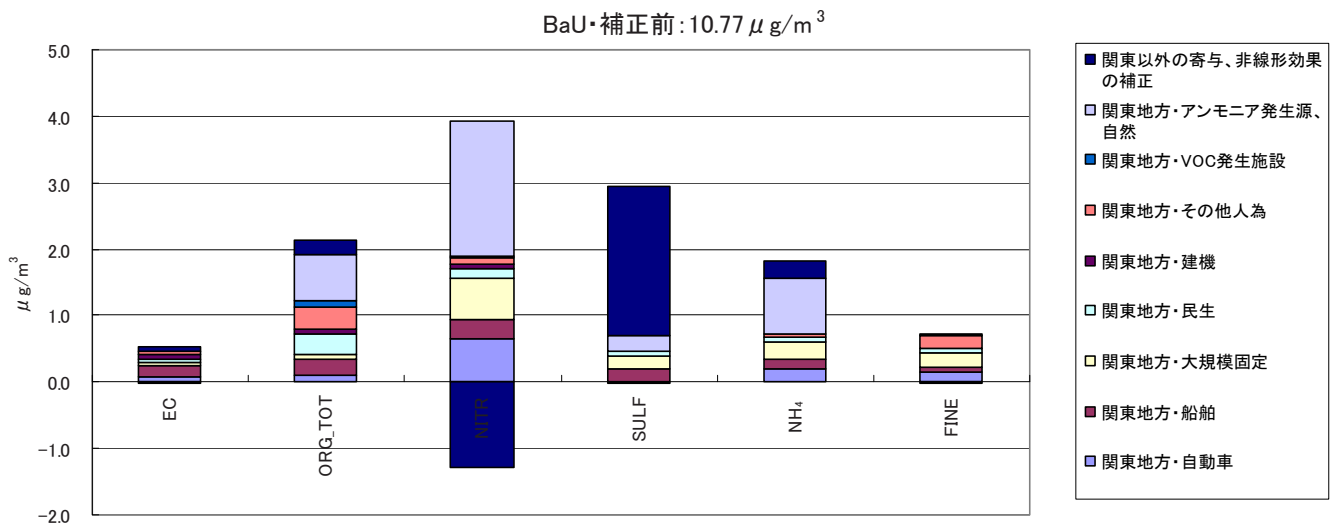


図 22-3 ゼロアウト計算結果に基づく発生源別・成分別寄与濃度の推定

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

なお、都内の各種発生源に対しても、同様にゼロアウト感度計算を行った。結果は表 23-1～表 23-3、図 23-1～図 23-3 に示すとおりである。現況との違いは、自動車と建設機械（建機）の応答が低くなり、相対的に船舶が高くなっていた。

表 23-1 都内の発生源別ゼロアウト計算に対する成分別濃度の応答

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

	補正前・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$								
	単純将来	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	アンモ自然out
PM _{2.5}	10.77	10.30	10.48	10.69	10.38	10.67	10.36	10.74	9.76
EC	0.52	0.47	0.44	0.51	0.48	0.46	0.49	0.52	0.52
ORG_TOT	2.14	2.08	2.03	2.13	1.92	2.10	1.94	2.12	1.92
NITR	2.65	2.47	2.63	2.66	2.63	2.65	2.60	2.64	2.07
SULF	2.92	2.91	2.88	2.90	2.87	2.92	2.91	2.92	2.91
NH ₄	1.82	1.77	1.81	1.82	1.80	1.82	1.81	1.82	1.62
成分計	10.05	9.70	9.79	10.01	9.71	9.95	9.75	10.02	9.04
FINE	0.72	0.61	0.69	0.68	0.67	0.72	0.60	0.72	0.72

都内の発生源outに対する都内PM_{2.5}の応答(BaU・CMAQ)

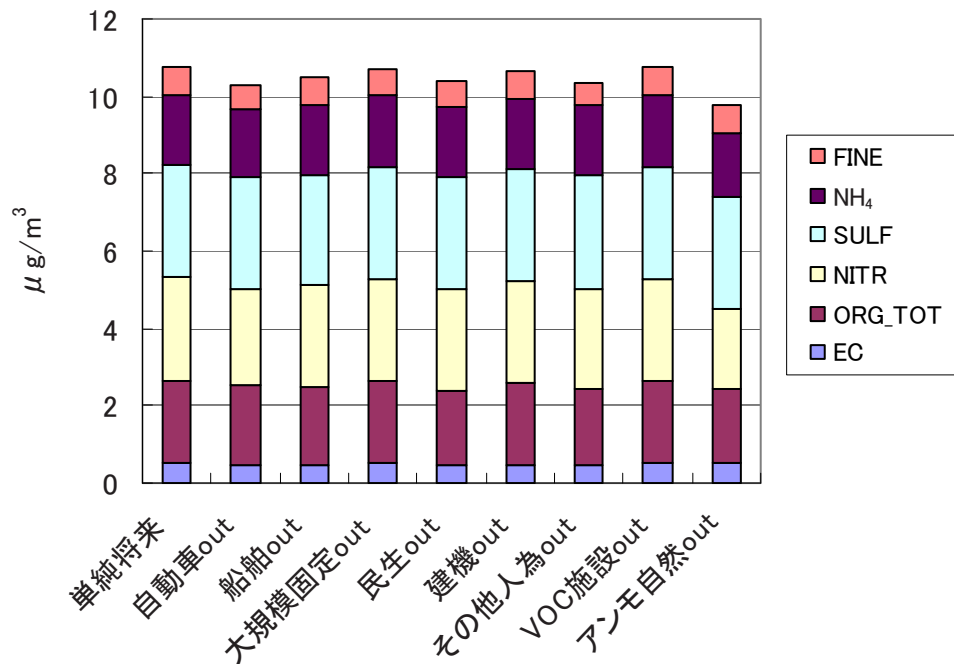


図 23-1 都内の発生源別ゼロアウト計算に対する成分別濃度の応答

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

表 23-2 ゼロアウト計算結果に基づく都内発生源別寄与濃度の推定

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

補正前・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	単純将来	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	アンモ自然out
PM _{2.5}	10.77	10.30	10.48	10.69	10.38	10.67	10.36	10.74	9.76
単純将来-outケース		0.47	0.29	0.08	0.39	0.10	0.41	0.03	1.01

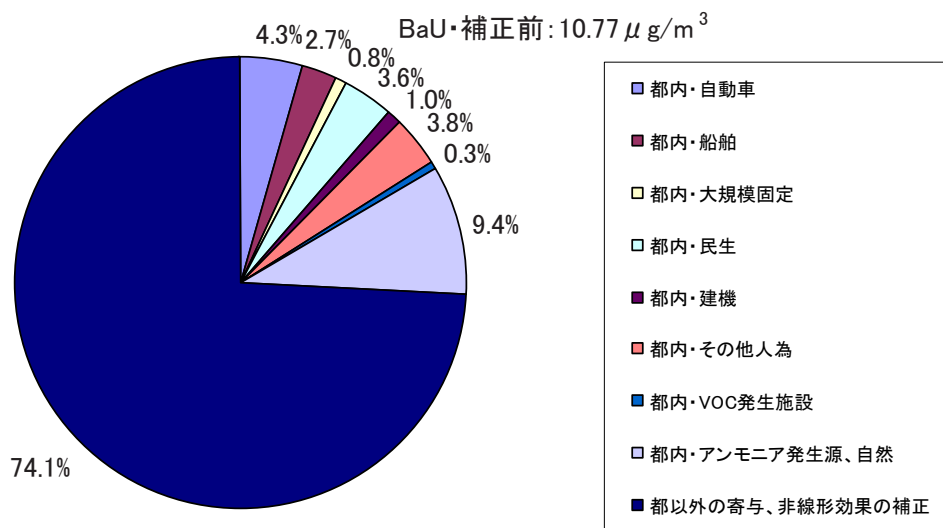


図 23-2 都内の発生源別ゼロアウト計算結果に基づく発生源別寄与率の推定

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

表 23-3 ゼロアウト計算結果に基づく都内発生源別・成分別寄与濃度の推定

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

	自動車	船舶	大規模固定	民生	建機	その他人為	アンモニア発 生源、自然	v-OC	都外、非線 形効果補正
EC	0.05	0.08	0.01	0.04	0.06	0.03	0.00	0.00	0.26
ORG_TOT	0.07	0.11	0.02	0.22	0.04	0.21	0.03	0.22	1.23
NITR	0.18	0.01	-0.01	0.02	0.00	0.04	0.01	0.58	1.81
SULF	0.00	0.04	0.02	0.04	0.00	0.00	0.00	0.01	2.81
NH ₄	0.06	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.00	0.21	1.50
FINE	0.11	0.03	0.04	0.05	0.00	0.11	0.00	0.00	0.37

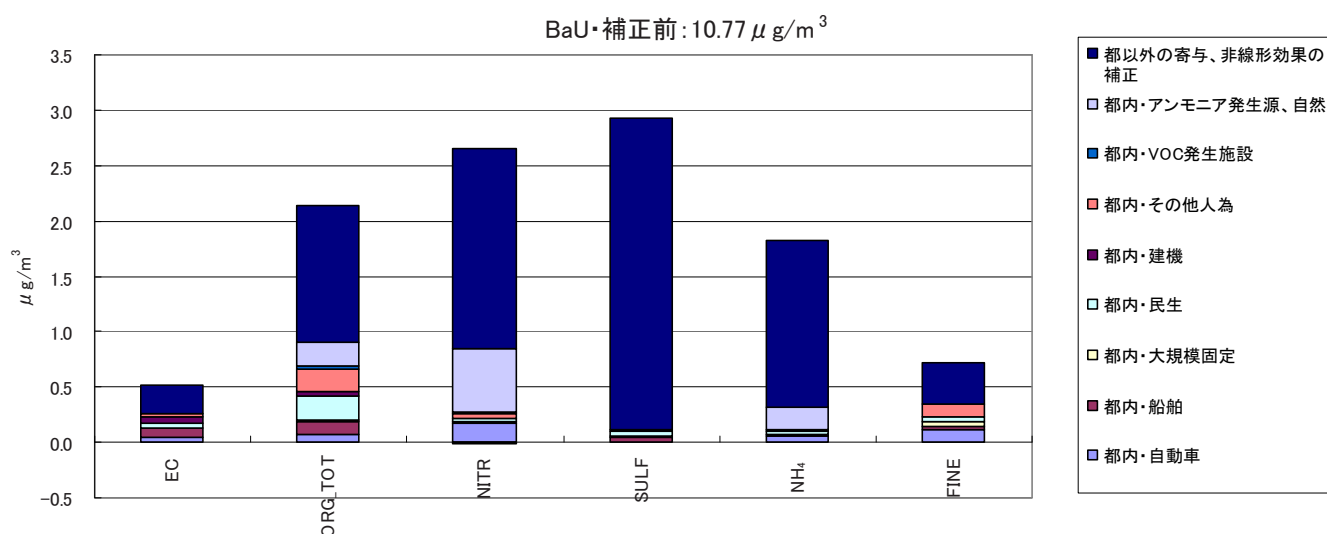


図 23-3 都内の発生源別ゼロアウト計算結果に基づく発生源別・成分別寄与濃度の推定

2016 年度・特別観測期間（四季）平均・都内特別観測地点（一般局）平均

(11) 単純将来濃度計算結果の補正

表 17 に示した未補正の計算値に、同表に示した成分別補正係数を乗じ、さらに海塩・土壌（現況スライド）と平衡水分（成分濃度補正值を使って E-AIM (<http://www.aim.env.uea.ac.uk/aim/aim.php/>) で計算) を加算して補正した結果は、表 24 及び図 24 に示すとおりである。これらの図表からわかるように、単純将来（2016 年度）においては、17.21 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ という予測結果となっており、何らかの対策を講じなければ、都内においては一般局でも環境基準の達成が難しいと考えられる。

表 24 数値モデルによる都内 PM_{2.5} 単純将来 (2016) 濃度予測結果 (補正後)

	補正後・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$	
	現況	単純将来
PM _{2.5}	19.07	17.21
EC	1.47	0.77
ORG_TOT	5.11	4.74
NITR	2.09	1.74
SULF	4.51	4.56
NH ₄	2.13	1.98
成分計	15.32	13.79
FINE		
Other	1.49	1.17
海塩・土壌	0.76	0.76
平衡水分	1.50	1.49
FINE+	3.75	3.42

成分計=EC+ORG_TOT+NITR+SULF+NH₄
 FINE+=Other+海塩・土壌+平衡水分
 海塩・土壌はCMBの結果
 平衡水分は補正後成分濃度をE-AIMに入力して算出
 PM_{2.5}=成分計+"FINE+"

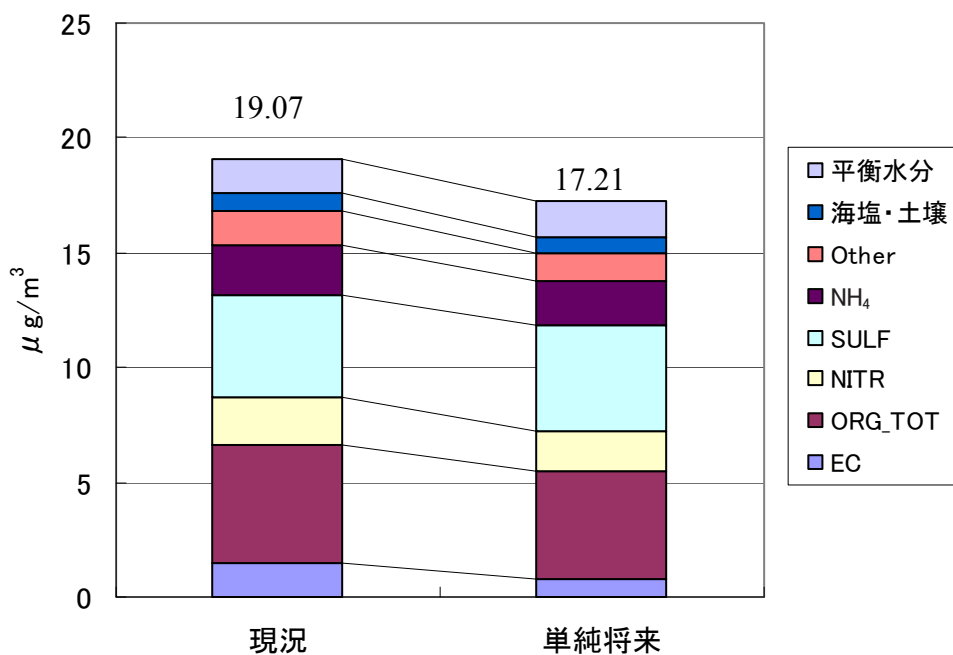


図 24 数値モデルによる都内 PM_{2.5} 単純将来 (2016) 濃度予測結果 (補正後)

(12) 単純将来発生源寄与推定結果の補正

(8)で現況濃度に対して行った方法とほぼ同様に、ゼロアウト感度計算の結果に対して、表 18 に示した補正係数を各成分 (ORG_TOT 含む) に乗じ、さらに海塩・土壌と水分を足して補正する。有機粒子 (ORG_TOT:OA) 以外の成分については、補正済み単純将来濃度と補正済み発生源別ゼロアウト濃度の較差を、各発生源からの寄与濃度と考える。ORG_TOT については、VOC 発生施設の寄与が十分に出ないという問題があるため、現況と同じく別扱いとする。

ORG_TOT については、まず現況年度と単純将来の PM_{2.5} 排出量の比 (表 25-3) から、POA 濃度を定める。v-OC は、ORG_TOT から POA を引いて出すことができる。v-OC は各種発生源への分配を行わない。POA は、現況と同様に、PM_{2.5} の単純将来発生源別排出量のパーセンテージ (表 25-3)、関東全体の排出量に占める割合) を指標として、各発生源に分配する。「関東外から都内への寄与」は、現況と同様に考慮しない。

補正及び POA 分配方法の詳細は、表 25-1 のコメントに示すとおりである。また、以上の方法による補正結果及び発生源別寄与濃度推定結果は、表 25-2 及び図 25 に示すとおりである。表 26-2 及び図 26 には、都内の発生源からの寄与濃度を、上と同じ方法で推定した結果を併せて示す。なお、都内の補正結果は表 26-1 に示すとおりである。

表 25-1 関東の発生源ゼロアウト計算結果の補正

	単純将来	補正後・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$							アンモニア・ 自然out
		自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	
PM _{2.5}	17.21								
EC	0.77	0.70	0.65	0.76	0.72	0.69	0.73	0.77	0.77
ORG_TOT	4.74	4.59	4.48	4.70	4.28	4.65	4.28	4.68	4.24
POA	0.93								
v-OC	3.81								
NITR	1.74	1.62	1.74	1.75	1.73	1.74	1.71	1.74	1.38
SULF	4.56	4.56	4.50	4.53	4.48	4.56	4.56	4.57	4.55
NH ₄	1.98	1.91	1.96	1.97	1.95	1.98	1.96	1.98	1.76
成分計	13.79	13.38	13.33	13.71	13.16	13.61	13.24	13.73	12.70
Other	1.17	1.02	1.14	1.12	1.13	1.17	1.02	1.17	1.17
海塩・土壌	0.76								
平衡水分	1.49								
FINE+	3.42								

補正・分配の方法

感度解析結果の補正

EC、NITR、SULF、NH₄、Otherは補正係数を乗じて補正する。
 平衡水分は、BaU補正後の成分濃度を使ってE-AIMで出す。
 海塩・土壌はCMBの結果(現況スライド)。湿度補正水分は使用しない。

単純将来ORG_TOT(補正值)の分配

CMAQの結果から、SOA(v-OC)とPOAの低減率(単純将来/現況)を出す。
 現況補正後のv-OCとPOAに上の低減率を乗じ単純将来補正後を出す。
 POAの各発生源への分配はPM_{2.5}排出量(BaU)を指標とする。

表 25-2 関東発生源ゼロアウト計算結果（補正後）に基づく発生源別寄与濃度推定

	自動車	船舶	大規模固定	民生	建機	その他人為	アンモニア発生源、自然	v-OC	都外、非線形効果補正	海塩・土壌	平衡水分	計 μg/m ³
PM _{2.5}	1.03	1.39	1.46	0.52	0.17	0.62	2.50	3.81	3.46	0.76	1.49	17.21
EC	0.13	0.25	0.05	0.08	0.11	0.06	-0.01		0.11			0.77
POA	0.07	0.43	0.21	0.06	0.02	0.14						0.93
v-OC								3.81				3.81
NITR	0.43	0.17	0.37	0.10	0.03	0.07	1.30		-0.74			1.74
SULF	-0.01	0.30	0.28	0.14	0.00	0.02	0.33		3.50			4.56
NH ₃	0.20	0.17	0.25	0.08	0.01	0.04	0.90		0.32			1.98
Other	0.21	0.07	0.29	0.07	0.00	0.29	-0.02		0.27			1.17
海塩・土壌										0.76		0.76
平衡水分											1.49	1.49

表 25-3 関東地方のPM_{2.5}発生源別排出量集計結果（2016年度）

排出量 (t/年)

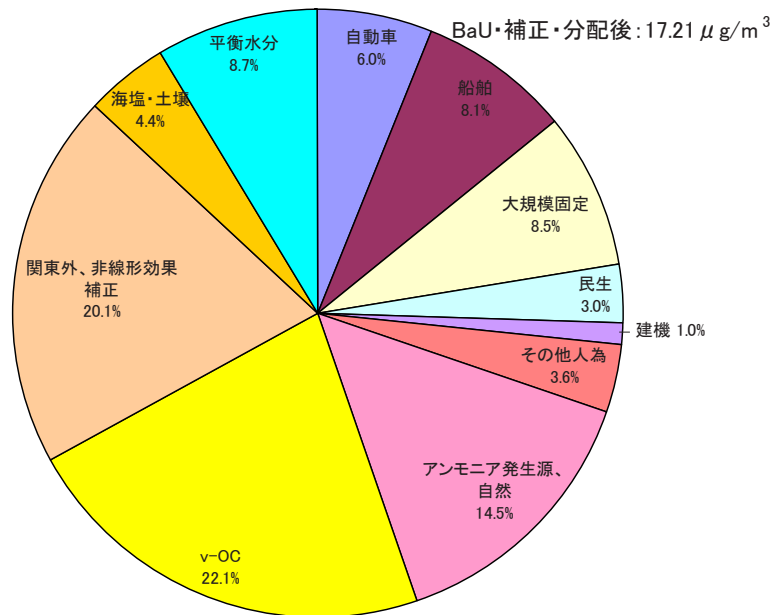
	東京都	関東地方
自動車	341	1,501
船舶	801	8,958
大規模固定煙源	192	4,445
民生	421	1,252
建設機械等	117	427
その他人為	654	2,890
計	2,526	19,472

関東地方の排出量に対する割合

	東京都	関東地方
自動車	1.8%	7.7%
船舶	4.1%	46.0%
大規模固定煙源	1.0%	22.8%
民生	2.2%	6.4%
建設機械等	0.6%	2.2%
その他人為	3.4%	14.8%
計	13.0%	100.0%

単純将来/現況 78.2% 82.1%

外洋航路は関東・船舶に含めた



※自動車、船舶、大規模固定、民生、建機、その他人為、アンモニア発生源&自然、都外&非線形効果補正の寄与分にはv-OCが含まれない

図 25-1 関東の発生源ゼロアウト計算結果（補正）に基づく発生源別寄与濃度推定

表 26-1 都内の発生源ゼロアウト計算結果の補正

	補正後・ $\mu\text{g}/\text{m}^3$								アンモニア・ 自然out
	単純将来	自動車out	船舶out	大規模固定out	民生out	建機out	その他人為out	VOC施設out	
PM _{2.5}	17.21								
EC	0.77	0.70	0.65	0.76	0.72	0.69	0.73	0.77	0.77
ORG_TOT	4.74	4.59	4.48	4.70	4.28	4.65	4.28	4.68	4.24
POA	0.93								
v-OC	3.81								
NITR	1.74	1.62	1.74	1.75	1.73	1.74	1.71	1.74	1.38
SULF	4.56	4.56	4.50	4.53	4.48	4.56	4.56	4.57	4.55
NH ₄	1.98	1.91	1.96	1.97	1.95	1.98	1.96	1.98	1.76
成分計	13.79	13.38	13.33	13.71	13.16	13.61	13.24	13.73	12.70
Other	1.17	1.02	1.14	1.12	1.13	1.17	1.02	1.17	1.17
海塩・土壌	0.76								
平衡水分	1.49								
FINE+	3.42								

補正・分配の方法

感度解析結果の補正

EC、NITR、SULF、NH₄、Otherは補正係数を乗じて補正する。

平衡水分は、BaU補正後の成分濃度を使ってE-AIMで出す。

海塩・土壌はCMBの結果(現況スライド)。湿度補正水分は使用しない。

単純将来ORG_TOT(補正值)の分配

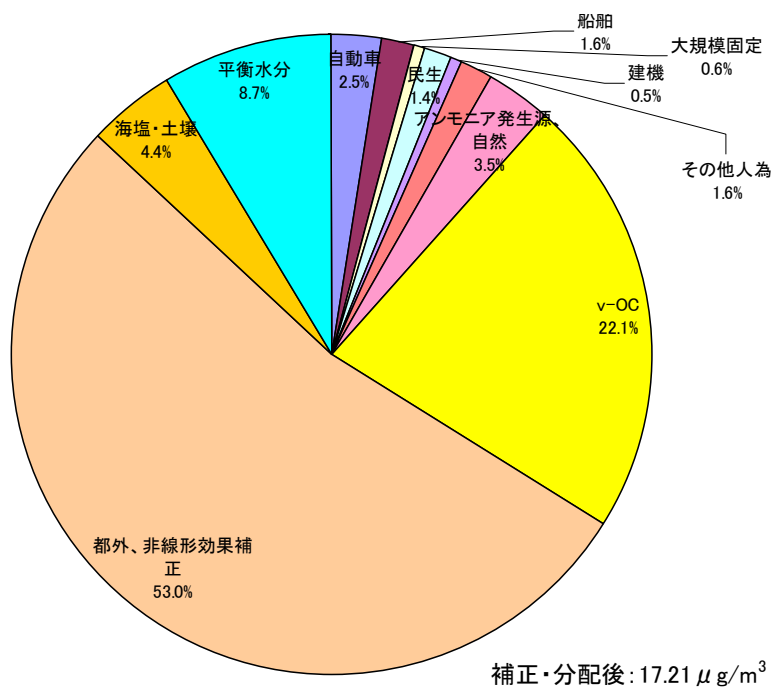
CMAQの結果から、SOA(v-OC)とPOAの低減率(単純将来/現況)を出

現況補正後のv-OCとPOAに上の低減率を乗じ単純将来補正後を出す

POAの各発生源への分配はPM_{2.5}排出量(BaU)を指標とする。

表 26-2 都内発生源ゼロアウト計算結果(補正後)に基づく発生源別寄与濃度推定

	自動車	船舶	大規模固定	民生	建機	その他人 為	アンモニア 発生源、 自然	v-OC	都外、非 線形効果 補正	海塩・土壌	平衡水分	計 $\mu\text{g}/\text{m}^3$
PM _{2.5}	0.43	0.28	0.11	0.24	0.09	0.28	0.60	3.81	9.13	0.76	1.49	17.21
EC	0.07	0.12	0.01	0.05	0.09	0.04	0.00		0.39			0.77
POA	0.02	0.04	0.01	0.02	0.01	0.03	0.00		0.81			0.93
v-OC								3.81				3.81
NITR	0.12	0.01	-0.01	0.01	0.00	0.03	0.36		1.22			1.74
SULF	0.00	0.06	0.03	0.09	0.00	0.01	0.01		4.36			4.56
NH ₄	0.06	0.02	0.01	0.02	0.00	0.02	0.22		1.63			1.98
Other	0.15	0.03	0.05	0.05	0.00	0.16	0.00		0.73			1.17
海塩・土壌										0.76		0.76
平衡水分											1.49	1.49



※自動車、船舶、大規模固定、民生、建機、その他人為、アンモニア発生源&自然、都外&非線形効果補正の寄与分には v-OC が含まれない

図 26 都内の発生源ゼロアウト計算結果（補正）に基づく発生源別寄与濃度推定

(13) 対策将来濃度計算結果及びその補正

数値モデル（CMAQ）を用いて、PM_{2.5}の将来濃度の予測を行った。シナリオは、単純将来（BaU*¹）、BAT*²、RACT/RACM*³である。将来濃度の予測結果は、表 27-1 及び図 27-1 に示すとおりである。図表には、現況と単純将来のシミュレーション結果も併せて示す。

表 27-1 成分別・PM_{2.5}対策将来濃度予測結果（都内一般局・年平均・未補正）

	現況	単純将来	BAT	RACT/RACM
EC	1.00	0.52	0.36	0.38
ORG_TOT	2.45	2.14	1.32	1.35
NITR	3.21	2.65	2.07	2.25
SULF	2.88	2.92	2.54	2.58
NH ₄	1.97	1.82	1.51	1.59
FINE	0.91	0.72	0.26	0.30
PM _{2.5}	12.42	10.77	8.06	8.45

※現況は 2008 年度、将来は 2016 年度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

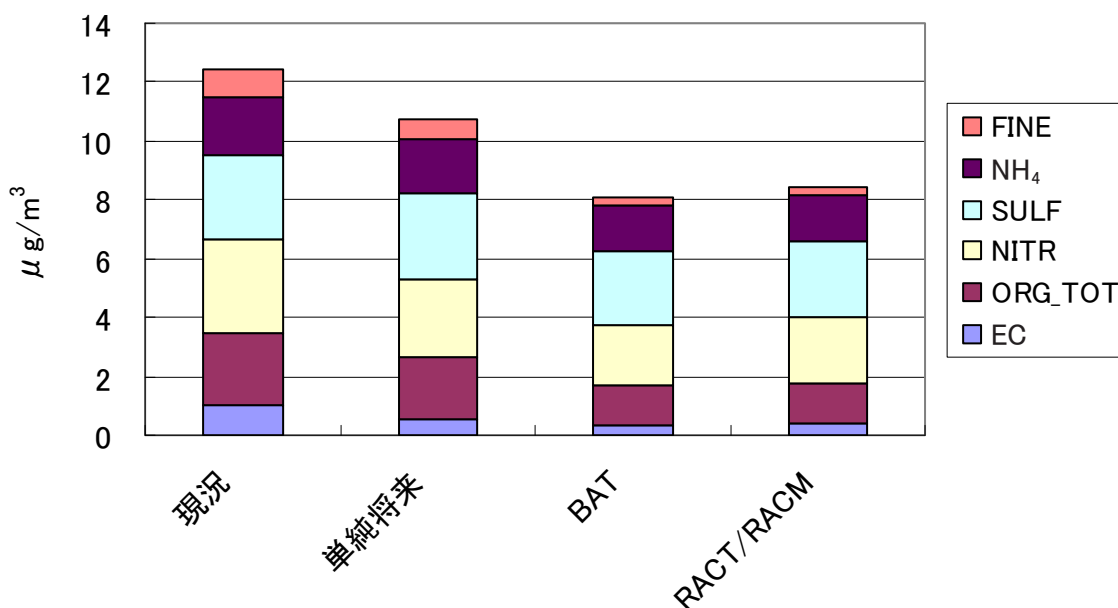


図 27-1 成分別・PM_{2.5}対策将来濃度予測結果（都内一般局・年平均・未補正）

※現況は 2008 年度、将来は 2016 年度

*1 BaU: Business as Usual（単純将来）

自動車のポスト新長期規制や建設機械のオフロード規制など既定の対策を継続

*2 BAT: Best Available Technology

大規模固定煙源の電化やガソリン車の電気自動車化などを関東地方全域で実施

*3 RACT/RACM: Reasonably Available Control Technology / Measures

大規模固定煙源のガス化やガソリン車のハイブリッド化などを関東地方全域で実施

(10)の単純将来濃度予測結果と同様に、これらの将来予測結果を補正した結果を表 27-2 及び図 27-2 に示す。平衡水分量は、シナリオごとに補正後成分濃度を用いて、E-AIM モデル (<http://www.aim.env.uea.ac.uk/aim/aim.php/>) で算定した。

表 27-2 成分別・PM_{2.5} 将来濃度予測結果（都内一般局・年平均・補正後）

	現況	単純将来	BAT	RACT/RACM
EC	1.47	0.77	0.54	0.56
ORG_TOT	5.11	4.74	3.60	3.67
NITR	2.09	1.74	1.39	1.50
SULF	4.51	4.56	3.95	4.02
NH ₄	2.13	1.98	1.65	1.72
Other	1.49	1.17	0.42	0.49
海塩・土壌	0.76	0.76	0.76	0.76
平衡水分	1.50	1.49	1.25	1.29
PM _{2.5}	19.07	17.21	13.55	14.01

※現況は 2008 年度、将来は 2016 年度（ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ）

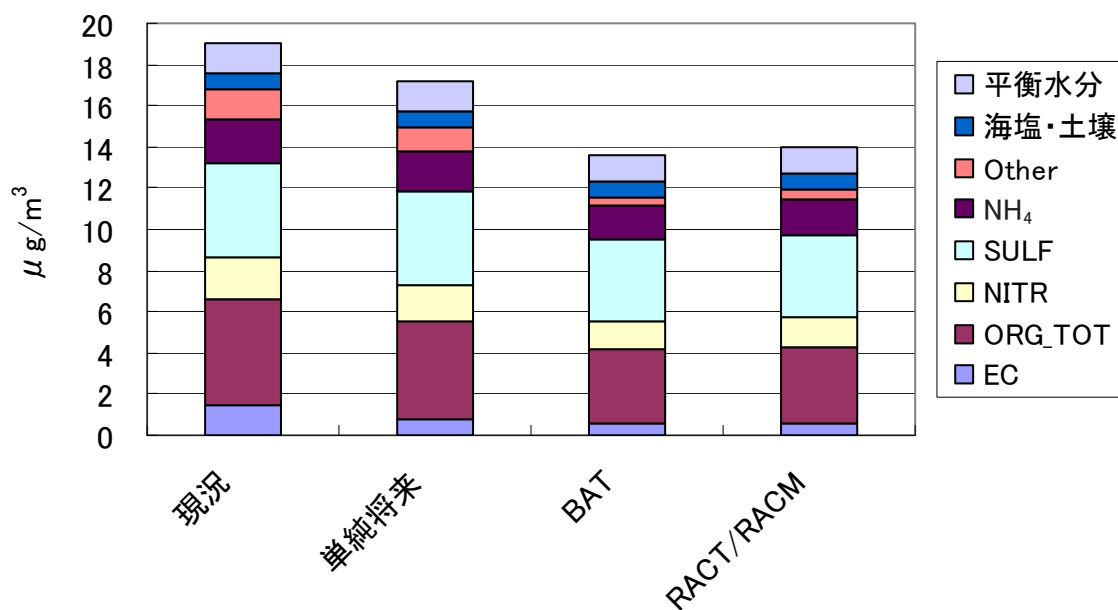


図 27-2 成分別・PM_{2.5} 将来濃度予測結果（都内一般局・年平均・補正後）

※現況は 2008 年度、将来は 2016 年度

6 まとめ

(1) 経緯と評価

シミュレーション手法に関するワーキンググループは、東京都及び関東地方におけるPM_{2.5}濃度を予測するため、インベントリの作成、シミュレーションモデルの選定・作成から始め、現況再現、感度解析並びに将来予測を行い、モデルの評価と利用に関する一連のメニューに沿って検討を行ってきた。

インベントリ作成においては、自動車や大規模固定発生源の排出量が低減しているため、従来未把握であった小規模発生源を調査し対象の拡大を図るなどの改良を試みている。

また、シミュレーションについては、二次生成物質の濃度予測に適した数値型シミュレーションモデル（化学輸送モデル）を選定し、入力データを整備して予測計算を行った結果、国内で報告されている再現性レベルに近いPM_{2.5}濃度予測結果を得ることができたと考えられる。しかし、予測結果は実測濃度に対して過小評価であったり、感度解析の応答が小さいなど必ずしも必要十分な再現性や妥当性が得られていないと判断された。そのため、数値型シミュレーションモデルの計算結果に対してできる限り合理的な補正を行い、発生源寄与や将来濃度を評価することとした。

なお、二次有機粒子等の内訳が明らかでないこと、また、感度解析の結果から、二次生成粒子についての削減量と濃度低減との間に非線形な関係があること及びアンモニアを削減した場合の応答が過大であることなど、得られた結果を政策検討のために使用するには十分に注意する必要がある。

(2) 推計結果

① 将来における環境濃度について

平成20年度のPM_{2.5}大気環境調査結果を用いて、数値型シミュレーションモデルにより将来（平成28年度）における環境濃度を予測した。その結果、現況の一般局におけるPM_{2.5}の濃度は19.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ であるが、既定の対策を継続した場合（BaU）、17.2 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ という予測結果となった。

② 現状における発生源寄与について

現況（平成20年度）における東京都の大気環境中PM_{2.5}の都内発生源別寄与割合は、人為発生源が約11%、自然発生源等が約4%、都外が約53%であった。

一方、東京都の大気環境中PM_{2.5}の関東地方発生源別寄与割合は、人為発生源が約34%、自然発生源等が約15%、関東外が約18%であった。なお、二次有機粒子等については発生源を区別することが困難であった。

③ 将来における発生源寄与について

将来（平成28年度、BaU）における東京都の大気環境中PM_{2.5}の都内発生源別寄与割合は、人為発生源が約8%、自然発生源等が約4%、都外が約53%であった。

一方、東京都の大気環境中PM_{2.5}の関東地方発生源別寄与割合は、人為発生源が約30%、自然発生源等が約15%、関東外が約20%であった。人為発生源のうち、自動車、建設機械の寄与が低減し、相対的に船舶、大規模固定発生源の寄与が増加している。

なお、現況と同様に二次有機粒子等については発生源を区別することが困難であった。

(3) 今後の課題

このような経緯と検討の到達点を踏まえると、シミュレーションの精度向上については次の点が課題となると思われる。

- ①インベントリ関連では、発生源調査データ（特に、PM_{2.5}排出実態データ）が少ないことによるインベントリの不確実性を減らすこと、小規模な発生源や未把握発生源におけるインベントリの整備を進めること、今回、取組が十分でなかった凝縮性ダストのインベントリ整備を進めることなどが課題としてあげられる。
- ②シミュレーション関連では、過小評価となっている硫酸イオン、アンモニウムイオン、二次有機粒子等、過大評価されている硝酸イオンの予測精度の向上が課題となる。特に、二次有機粒子については、VOC対策を進める上で、モデルの精度向上が重要である。また、硝酸イオンについては、粒子だけではなくガスを含めた全硝酸としての測定も課題である。